

2014

Instituto Politécnico de Coimbra

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COIMBRA

Estudo do Comportamento Térmico de Edifícios: Análise da Influência da Orientação e Inércia Térmica

**MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL -
ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO URBANA**

AUTOR | Bruno Miguel da Costa Ferreira

**ORIENTADORES | Professor Especialista Rui Manuel
dos Santos Ferreira
Prof. Doutor Eduardo Manuel Natividade**

Coimbra, dezembro 2014

Departamento
de Engenharia Civil

Estudo do Comportamento Térmico de Edifícios: Análise da Influência da Orientação e Inércia Térmica

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil

Autor

Bruno Miguel da Costa Ferreira

Orientadores

Rui Ferreira e Eduardo Natividade

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, Dezembro, 2014

AGRADECIMENTOS

Para conseguir realizar este trabalho contei com o apoio e ajuda de algumas pessoas às quais pretendo endereçar os meus agradecimentos.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Engenheiro Rui Ferreira, Professor do Departamento de Engenharia Civil (DEC) do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), pela disponibilidade desde a primeira conversa para a realização deste trabalho, e pelo seu conhecimento, orientação e ensinamentos transmitidos durante o tempo que levei a concluir o trabalho. De igual modo o meu agradecimento ao Engenheiro Eduardo Natividade, também Professor do Departamento de Engenharia Civil (DEC) do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) que me orientou na parte do software utilizado neste trabalho.

Tenho também de deixar uma palavra de agradecimento ao Engenheiro Pedro Miraldo, Professor do Departamento de Engenharia Mecânica (DEM) do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), a sua experiência no software utilizado foi muito importante para a obtenção dos resultados.

Uma palavra de agradecimento ao Engenheiro Álvaro Lapa na conclusão de um dos modelos utilizados no software.

Tenho também de agradecer aos donos dos projectos em estudo neste trabalho pela cedência dos elementos necessários ao cálculo, ao Paulo Baptista e à Dulce Cação o meu agradecimento. Também uma palavra de agradecimento à Arquitecta Joana Silva, autora dos projectos e que disponibilizou os ficheiros necessários de cada moradia.

Por último e não menos importante à minha família, em especial aos meus pais e irmã, pelo constante incentivo e força que me deram durante todo o tempo que demorou a fazer este trabalho. Aos amigos mais próximos pela leitura, companhia, críticas e conselhos na escrita do documento.

E claro, à minha companheira e ao meu filho pela compreensão na minha constante ausência durante os meses que passei na escrita deste documento.

RESUMO

A recente transposição da directiva europeia relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios (2002/91/CE) e posteriormente a (2010/31/EU) pelo Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto, incluiu num único diploma o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), introduzindo desta forma novos parâmetros de conforto interior para os edifícios a construir em Portugal.

A necessidade e a curiosidade em aprofundar o estudo do desempenho energético de edifícios, em particular em dois parâmetros que influenciam o cálculo, a inércia térmica e a orientação solar, esteve na base da escolha deste trabalho.

Neste sentido foram estudadas várias soluções construtivas correntes da nossa construção para se conseguir compreender a variação da inércia térmica das duas moradias em estudo e assim determinar a influência que tem a inércia térmica no conforto interior.

Foi também tido em conta neste estudo, a variação da orientação solar e a sua influência nos ganhos térmicos para a estação de aquecimento e arrefecimento. Deste modo conseguiu-se aferir a influência que a energia solar tem nos cálculos do conforto interior para as várias orientações solares. Por curiosidade calcularam-se também os dados das moradias sem obstruções solares de modo a fazer uma comparação com e sem os elementos que provocam sombreamento nos vãos solares.

Por último utilizou-se o software Design Builder para fazer a simulação dinâmica das moradias e comparar com os resultados obtidos do cálculo regulamentar do REH.

Palavras-Chave

Inércia térmica; orientação solar; REH; Design Builder, comportamento térmico dos edifícios; ganhos térmicos; soluções construtivas.

ABSTRACT

The recent implementation of the European Directive on the Energy Performance of Buildings (2002/91 / EC) and later (2010/31 / EU) by Decree-Law n.º 118/2013 of 20 August, included in a single diploma the System Energy Certification of Buildings (SCE), Regulation of the Energy Performance of Buildings Housing (REH) and the Regulation of Energy Performance of Buildings Trade and Services (RECS) introduced new standards of interior comfort for the buildings to be built in Portugal .

The necessity and curiosity for further study in the energy performance of buildings, especially on two parameters which influence the calculation, the thermal inertia and solar orientation, had based the choice for this paper.

In this sense were studied several constructive solutions in our construction to achieve the variation of thermal inertia of the two houses in the study and then determine the influence that thermal inertia and internal comfort.

It was also been taken into consideration in the study, the variation of solar orientation and its influence on thermal gains for the heating and cooling seasons. In this way it was possible to measure the influence that solar energy has on the results of interior comfort for different solar orientations. Just by academic curiosity it was also calculated the houses without solar obstructions in order to make a comparison with and without the elements that cause solar shading in vain.

Finally we used the Design Builder software to make dynamic simulation of the houses and compare with the results of the calculation of regulatory REH.

Key-Words

Thermal inertia; solar orientation; REH; Design Builder, thermal performance of buildings; thermal gains; constructive solutions.

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Introdução	1
1.2. Enquadramento	1
1.3. Organização do trabalho	1
2. INÉRCIA TÉRMICA	3
2.1. Considerações iniciais.....	3
2.2. Contabilização Regulamentar	4
3. ORIENTAÇÃO SOLAR	9
3.1. Considerações Iniciais	9
3.2. Contabilização Regulamentar	9
3.2.1. Ganhos Térmicos Úteis na Estação de Aquecimento	9
3.2.2. Ganhos Térmicos Úteis na Estação de Arrefecimento	12
3.3. Ganhos Internos	15
3.4. Radiação Solar	16
4. MORADIAS ESTUDADAS	17
4.1. Descrição e considerações dos edifícios estudados	17
4.2. Soluções construtivas e considerações para o cálculo	18
4.2.1. Soluções Construtivas	18
4.2.2. Espaços não úteis	22
4.2.3. Taxa de renovação de ar	22
4.2.4. Vãos envidraçados	23
5. DESIGN BUILDER.....	25
5.1. Valores da simulação dinâmica da moradia 1.....	26
5.2. Valores da simulação dinâmica da moradia 2.....	34
6. CÁLCULO REGULAMENTAR.....	41
6.1. Cálculo dos Ganhos Térmicos na Estação de Aquecimento.....	42
6.2. Cálculo dos Ganhos Térmicos na Estação de Arrefecimento	57
6.3. Relação entre os resultados obtidos	70
6.4. Cálculo dos ganhos internos sem obstruções solares.....	82
7. CONCLUSÃO	97
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS	101

Índice de Figuras

Figura 1 – Amplitude térmica (Térmica de Edifícios)	4
Figura 2 – Elementos do tipo EL3 com isolamento térmico (Despacho n.º 15793 -K/2013)	6
Figura 3 – Variação de valores nas paredes da moradia 1 - situação inicial	28
Figura 4 – Variação de valores nas paredes da moradia 1 - 1ª rotação	28
Figura 5 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento – Moradia 1	30
Figura 6 – Balanço energético na estação de aquecimento – Moradia 1	31
Figura 7 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento – Moradia 1	32
Figura 8 – Balanço energético na estação de arrefecimento – Moradia 1	33
Figura 9 – Variação de valores nas paredes da moradia 2 - situação inicial	36
Figura 10 – Variação de valores nas paredes da moradia 2 - 1ª rotação	36
Figura 11 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento – Moradia 2	37
Figura 12 – Balanço energético na estação de aquecimento – Moradia 2	38
Figura 13 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento – Moradia 2	39
Figura 14 – Balanço energético na estação de arrefecimento – Moradia 2	40
Figura 15 – Ganhos solares brutos na estação de aquecimento da moradia 1	43
Figura 16 – Ganhos solares brutos na estação de aquecimento da moradia 2	44
Figura 17 – Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento da moradia 1	47
Figura 18 – Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento da moradia 2	48
Figura 19 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, Situação Inicial da moradia 1	53
Figura 20 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, 1ª Rotação da moradia 1	53
Figura 21 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, 2ª Rotação da moradia 1	54
Figura 22 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, 3ª Rotação da moradia 1	54
Figura 23 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, Situação Inicial da moradia 2	55
Figura 24 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, 1ª Rotação da moradia 2	55
Figura 25 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, 2ª Rotação da moradia 2	56
Figura 26 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, 3ª Rotação da moradia 2	56
Figura 27 – Ganhos solares na estação de arrefecimento da Moradia 1	59
Figura 28 – Ganhos solares na estação de arrefecimento da Moradia 2	60
Figura 29 – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento da Moradia 1	61
Figura 30 – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento da Moradia 2	62
Figura 31 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, Situação Inicial da Moradia 1	66
Figura 32 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, 1ª Rotação da Moradia 1	67
Figura 33 – Ganhos térmicos úteis na estação de arrefecimento, 2ª Rotação da Moradia 1	67
Figura 34 – Ganhos térmicos úteis na estação de arrefecimento, 3ª Rotação da Moradia 1	68
Figura 35 – Ganhos térmicos úteis na estação de arrefecimento, Situação Inicial da Moradia 2	68
Figura 36 – Ganhos térmicos úteis na estação de arrefecimento, 1ª Rotação da Moradia 2	69

Figura 37 – Ganhos térmicos úteis na estação de arrefecimento, 2ª Rotação da Moradia 2	69
Figura 38 – Ganhos térmicos úteis na estação de arrefecimento, 3ª Rotação da Moradia 2	70
Figura 39 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, situação inicial, Moradia 1	71
Figura 40 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, 1.ª rotação da Moradia 1	72
Figura 41 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, 2.ª rotação da Moradia 1	73
Figura 42 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, 3.ª rotação da Moradia 1	73
Figura 43 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, situação inicial, Moradia 2	74
Figura 44 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, 1ª rotação da Moradia 2	75
Figura 45 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, 2ª rotação da Moradia 2	75
Figura 46 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, 3ª rotação da Moradia 2	76
Figura 47 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, situação inicial da Moradia 1	77
Figura 48 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, 1ª rotação da Moradia 1	77
Figura 49 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, 2ª rotação da Moradia 1	78
Figura 50 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, 3ª rotação da Moradia 1	79
Figura 51 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, situação inicial, Moradia 2	79
Figura 52 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, 1ª rotação da Moradia 2	80
Figura 53 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, 2ª rotação da Moradia 2	81
Figura 54 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, 3ª rotação da Moradia 2	81
Figura 55 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, situação inicial da Moradia 1	84
Figura 56 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, 1ª rotação da Moradia 1	84
Figura 57 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, 2ª rotação da Moradia 1	85
Figura 58 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, 3ª rotação, Moradia 1	85
Figura 59 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, situação inicial, Moradia 2	86
Figura 60 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, 1ª rotação, Moradia 2	86
Figura 61 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, 2ª rotação, Moradia 2	87
Figura 62 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, 3ª rotação, Moradia 2	87
Figura 63 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, situação inicial, Moradia 1	88
Figura 64 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, 1ª rotação, Moradia 1	88
Figura 65 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, 2ª rotação, Moradia 1	89

Figura 66 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, 3 ^a rotação, Moradia 1	89
Figura 67 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, situação inicial, Moradia 2	90
Figura 68 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, 1 ^a rotação, Moradia 1	90
Figura 69 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, 2 ^a rotação, Moradia 1	91
Figura 70 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, 3 ^a rotação, Moradia 2	91

Índice de Quadros

Quadro 1 – Classes de inércia térmica	4
Quadro 2 – Factor de orientação para as diferentes exposições, X_j	11
Quadro 3 – Áreas das envolventes da moradia 1	17
Quadro 4 – Áreas das envolventes verticais da moradia 2	18
Quadro 5 – Solução construtiva de parede com isolamento pelo exterior	19
Quadro 6 – Solução construtiva de parede com isolamento repartido na caixa-de-ar	19
Quadro 7 – Solução construtiva de parede com isolamento pelo interior	19
Quadro 8 – Solução construtiva de pavimento interior	19
Quadro 9 – Solução construtiva de pavimento exterior	20
Quadro 10 – Solução construtiva de cobertura interior	20
Quadro 11 – Solução construtiva de cobertura exterior horizontal	20
Quadro 12 – Solução construtiva de cobertura exterior inclinada	21
Quadro 13 – Solução construtiva de vão de escadas sendo pavimento interior	21
Quadro 14 – Características dos vãos envidraçados	23
Quadro 15 – Resultados Design Builder – Moradia 1 (situação inicial)	26
Quadro 16 – Resultados Design Builder – Moradia 1 (1. ^a Rotação)	26
Quadro 17 – Resultados Design Builder – Moradia 1 (2. ^a Rotação)	27
Quadro 18 – Resultados Design Builder – Moradia 1 (3. ^a Rotação)	27
Quadro 19 – Ganhos térmicos estação de aquecimento – Moradia 1	29
Quadro 20 – Balanço energético na estação de aquecimento – Moradia 1	30
Quadro 21 – Ganhos térmicos estação de arrefecimento – Moradia 1	31
Quadro 22 – Balanço energético na estação de arrefecimento – Moradia 1	33
Quadro 23 – Resultados Design Builder – Moradia 2 (situação inicial)	34
Quadro 24 – Resultados Design Builder – Moradia 2 (1. ^a Rotação)	34
Quadro 25 – Resultados Design Builder – Moradia 2 (2. ^a Rotação)	35
Quadro 26 – Resultados Design Builder – Moradia 2 (3. ^a Rotação)	35
Quadro 27 – Ganhos térmicos estação de aquecimento – Moradia 2	37
Quadro 28 – Balanço energético na estação de aquecimento – Moradia 2	38
Quadro 29 – Ganhos térmicos estação de arrefecimento – Moradia 2	39
Quadro 30 – Balanço energético na estação de arrefecimento – Moradia 2	40
Quadro 31 – Ganhos solares brutos na estação de aquecimento para a moradia 1	43
Quadro 32 – Ganhos solares brutos na estação de aquecimento para a moradia 2	44
Quadro 33 – Orientações em estudo na moradia 1	45
Quadro 34 – Orientações em estudo na moradia 2	45
Quadro 35 – Relação entre os vãos envidraçados e a envolvente opaca, moradia 1	46
Quadro 36 – Relação entre os vãos envidraçados e a envolvente opaca, moradia 2	46
Quadro 37 – Ganhos térmicos brutos para a moradia 1	47
Quadro 38 – Ganhos térmicos brutos para a moradia 2	48

Quadro 39 – Factor de utilização de ganhos e ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento para a moradia 1	52
Quadro 40 – Factor de utilização de ganhos e ganhos térmicos úteis na estação de inverno para a moradia 2	52
Quadro 41 – Ganhos solares na estação de arrefecimento para a moradia 1	59
Quadro 42 – Ganhos solares na estação de arrefecimento para a Moradia 2	60
Quadro 43 – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento para a Moradia 1	61
Quadro 44 – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento para a Moradia 2	62
Quadro 45 – Factor de utilização de ganhos, seu complementar e ganhos térmicos na estação de arrefecimento para a moradia 1	65
Quadro 46 – Factor de utilização de ganhos, seu complementar e ganhos térmicos na estação de arrefecimento para a moradia 2	66
Quadro 47 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, situação inicial com a variação da inércia térmica, moradia 1	71
Quadro 48 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, 1ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 1	72
Quadro 49 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, 2ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 1	72
Quadro 50 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, 3ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 1	73
Quadro 51 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, situação inicial com a variação da inércia térmica, moradia 2	74
Quadro 52 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, 1ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 2	74
Quadro 53 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, 2ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 2	75
Quadro 54 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, 3ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 2	76
Quadro 55 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, situação inicial com a variação da inércia térmica, moradia 1	76
Quadro 56 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, 1ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 1	77
Quadro 57 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, 2ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 1	78
Quadro 58 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, 3ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 1	78
Quadro 59 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, situação inicial com a variação da inércia térmica, moradia 2	79
Quadro 60 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, 1ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 2	80
Quadro 61 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, 2ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 2	80

Quadro 62 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, 3ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 2	81
Quadro 63 – Ganhos térmicos para a moradia 1, com e sem sombreamentos	83
Quadro 64 – Ganhos térmicos para a moradia 2, com e sem sombreamentos	83
Quadro 65 – Relação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento e arrefecimento com e sem obstruções solares, para a moradia 1	92
Quadro 66 – Relação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento e arrefecimento com e sem obstruções solares, para a moradia 2	92
Quadro 67 – Diferença dos ganhos térmicos nas estações de cálculo, moradia 1	93
Quadro 68 – Diferença dos ganhos térmicos nas estações de cálculo, moradia 2	94
Quadro 69 – Relação em percentagem dos ganhos térmicos com e sem obstruções solares, para as moradias em estudo	94

Índice de Equações

Equação 1 – Massa superficial útil	4
Equação 2 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento	10
Equação 3 – Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento	10
Equação 4 – Ganhos térmicos internos na estação de aquecimento	10
Equação 5 – Ganhos solares brutos na estação de aquecimento	11
Equação 6 – Área efectiva colectora dos vãos envidraçados na estação de aquecimento	11
Equação 7 – Área efectiva colectora dos vãos envidraçados interiores na estação de aquecimento	12
Equação 8 – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento	13
Equação 9 – Ganhos internos na estação de arrefecimento	13
Equação 10 – Ganhos solares na estação de arrefecimento	13
Equação 11 – Área efectiva colectora dos vãos envidraçados na estação de arrefecimento	14
Equação 12 – Área efectiva colectora dos vãos envidraçados interiores na estação de arrefecimento	14
Equação 13 – Área efectiva colectora de radiação solar de elemento da envolvente opaca na estação de arrefecimento	15
Equação 14 – Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento	49
Equação 15 – Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento	49
Equação 16 – Coeficiente de transferência de calor por ventilação	50
Equação 17 – Ganhos térmicos internos na estação de arrefecimento	58
Equação 18 – Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento	63
Equação 19 – Transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento	63
Equação 20 – Coeficiente de transferência de calor por ventilação	63

ABREVIATURAS

IteCons – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

ITE50 – Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

Por vontade do autor, a seguinte dissertação não segue o novo acordo ortográfico.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Introdução

Considerando alguma experiência acumulada como técnico na elaboração de projectos térmicos e a alteração da legislação do Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, RCCTE, pelo Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto, Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, REH, serviu de motivação para a realização deste trabalho.

O crescente aumento das exigências na construção de edifícios para melhorar o desempenho energético destes e assim baixar os custos necessários para o aquecimento e arrefecimento dos mesmos, tem levado os profissionais da construção civil a implementar soluções construtivas mais cuidadas, assim como a utilizar materiais mais nobres de modo a reduzir as perdas de calor pela envolvente.

1.2. Enquadramento

Neste sentido, procurou-se com este trabalho estudar a influência das soluções construtivas, fazendo variar a inércia térmica e ao mesmo tempo variar as orientações solares dos edifícios, tentando deste modo obter valores que ajudem a compreender a influência destes parâmetros no comportamento térmico.

Foi feito o cálculo de acordo com a legislação em vigor, o Decreto-Lei 118/2013 de 20 de Agosto, REH, e foram utilizadas as folhas de cálculo disponibilizadas pelo Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção, IteCons, versão 3.06. Para complementar este estudo foi também utilizado um software de simulação dinâmica de edifícios, o Design Builder e assim comparar estas duas metodologias de trabalho no estudo do comportamento térmico das moradias em estudo.

1.3. Organização do trabalho

O trabalho foi organizado de forma a apresentar os conceitos abordados juntamente com uma breve explicação dos mesmos.

Encontram-se também representadas duas moradias estudadas, assim como a sua descrição e todas as características necessárias para o estudo do comportamento térmico.

Recorreu-se ao software Design Builder permitindo a aplicação da metodologia de cálculo e considerações no estudo de simulação dinâmica.

Foi necessário recorrer ao cálculo regulamentar em especial nos parâmetros em estudo neste trabalho, a inércia térmica e ganhos térmicos das moradias em estudo.

Por último são apresentados os resultados e considerações finais.

2. INÉRCIA TÉRMICA

2.1. Considerações iniciais

Sempre me questioneei do porquê de uma Igreja ou Monumento dos muitos que temos no nosso país, com paredes de grande espessura e normalmente de pedra, o que juntamente com os restantes materiais resulta num edifício de grande massa, ter uma temperatura interior agradável no verão e no inverno a temperatura não ser demasiado baixa. Em sentido contrário edifícios de massa pequena, como por exemplo, uma comumente chamada “marquise” que existe em muitas habitações no nosso país, tão depressa esteja quente como fria.

A engenharia civil fornece-nos os conceitos que nos levam a compreender este fenómeno, nomeadamente o conceito da inércia térmica.

Pode-se compreender facilmente este fenómeno como a capacidade que os materiais de construção têm em absorver calor e armazená-lo sendo que só passado algum tempo é que o liberta. A massa é importante uma vez que quanto maior for a massa mais energia em forma de calor o elemento consegue armazenar. Outras características importantes são o calor específico e a condutibilidade térmica.

Esta capacidade de armazenar calor pode ser usada para absorver os ganhos de calor durante o dia (reduzindo a carga de arrefecimento) e libertá-los à noite (reduzindo a carga de aquecimento). (1)

Quando nasce o dia, à medida que a temperatura vai aumentando, aumenta a temperatura do paramento exterior em relação às restantes secções de uma parede. Este aumento de temperatura origina uma onda de calor que se propaga em direcção ao interior, às camadas com temperatura inferior. A velocidade de propagação da onda de calor varia consoante as características dos materiais que compõem a parede, em particular a condutibilidade térmica que tem uma grande influência neste processo. O calor retido vai variar em função da massa e do calor específico do material, este calor é retransmitido às camadas adjacentes depois do material ter aquecido e absorvido o calor que este consegue absorver de acordo com as suas características físicas. (1)

Pode perceber-se desta forma que uma inércia forte origina uma menor amplitude térmica no interior de um edifício, ao contrário da inércia fraca que origina uma maior amplitude térmica. Pouca massa para absorver calor da radiação solar implica que o edifício aqueça muito rápido e também arrefeça rápido uma vez que não existe capacidade de absorver calor para mais tarde libertar e assim equilibrar a temperatura interior.

A figura seguinte mostra a amplitude térmica em função da classe de inércia.

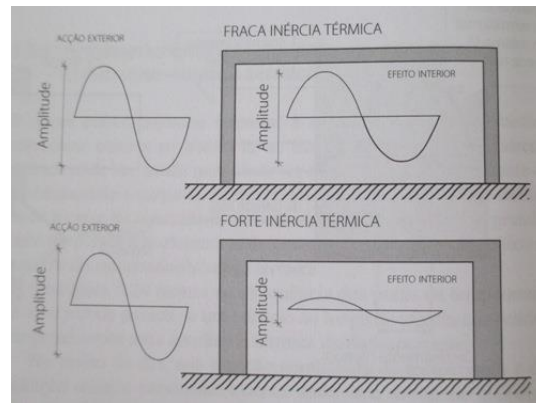


Figura 1 – Amplitude térmica (Térmica de Edifícios)

2.2. Contabilização Regulamentar

Atendendo à legislação em vigor, nomeadamente o Decreto-Lei 118/2013 de 20 de Agosto no Despacho n.º 15793 -K/2013 ponto 6 é descrita a quantificação da inércia térmica.

A massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento, I_t , calcula-se através da seguinte expressão:

$$I_t = \frac{\sum_i M_{Si} \cdot r \cdot S_i}{A_p} \quad [\text{kg/m}^2]$$

Equação 1 – Massa superficial útil

Em que:

M_{Si} – Massa superficial útil do elemento i , $[\text{kg/m}^2]$

r – Factor de redução da massa superficial útil

S_i – Área da superfície interior do elemento i , $[\text{m}^2]$

A_p – Área interior útil de pavimento, $[\text{m}^2]$

A massa útil resultante vai definir a classe de inércia do edifício em estudo. São três as classes possíveis de obter na contabilização da massa útil e são descritas na tabela seguinte:

Quadro 1 – Classes de inércia térmica

Classe de inércia térmica	I_t $[\text{kg/m}^2]$
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

Para calcular a massa útil dos materiais de construção do edifício, o regulamento define os vários tipos de elementos construtivos:

A massa superficial útil de cada elemento de construção, M_{si} , em kg/m^2 , é função da sua localização no edifício e da sua constituição, nomeadamente do posicionamento e do isolamento térmico e das características das soluções de revestimento superficial. (2)

São distinguidos três casos genéricos de elementos construtivos;

EL1 - Elementos da envolvente exterior ou da envolvente interior, ou elementos de construção em contacto com outra fracção autónoma ou com edifício adjacente;

EL2 – Elementos em contacto com o solo;

EL3 - Elementos de compartimentação interior da fracção autónoma (parede ou pavimento).

(2)

Os seguintes pontos definem a base de cálculo para a contabilização da massa útil dos elementos construtivos:

As massas dos diferentes elementos de construção podem ser obtidas em tabelas técnicas ou nas publicações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, LNEC, sobre a caracterização térmica de paredes de alvenaria e caracterização térmica de pavimentos pré-fabricados, ou ainda, noutra documentação técnica disponível.

No caso de elementos da envolvente exterior ou interior, ou elementos de construção em contacto com outra fracção autónoma ou com edifício adjacente (EL1), o valor de M_{Si} nunca pode ser superior a 150 kg/m^2 , sendo que:

- a) No caso de paredes sem isolamento térmico e de coberturas ou esteiras pesadas de desvão de coberturas inclinadas:
 - i. Se não existir caixa-de-ar, $M_{Si} = \frac{m_t}{2}$, onde m_t corresponderá à massa total do elemento;
 - ii. Se tiver caixa-de-ar, $M_{Si} = m_{pi}$, onde m_{pi} corresponderá à massa do elemento desde a caixa de ar até à face interior;
- b) Para todos os elementos com uma camada de isolamento térmico, $M_{Si} = m_i$, em que m_i é a massa do elemento desde o isolamento térmico até à face interior com excepção das situações em que exista uma caixa de ar entre o isolamento térmico e a face interior, onde m_i corresponderá à massa do elemento desde a caixa de ar até à face interior.

No caso de elementos em contacto com o solo (EL2), o valor de M_{Si} nunca pode ser superior a 150 kg/m^2 , sendo que:

- a) No caso de elementos sem isolamento térmico, M_{Si} corresponderá a 150 kg/m^2 ;
- b) No caso de elementos com uma camada de isolamento térmico, $M_{Si} = m_i$, onde m_i corresponderá à massa do elemento desde o isolamento térmico até à face interior.

No caso de elementos de compartimentação interior da fracção autónoma, compreendendo parede ou pavimento (EL3), o valor de M_{Si} nunca poderá ser superior a 300 kg/m^2 , sendo que:

- a) Nos casos de elementos sem isolamento térmico, $M_{Si} = m_t$, onde m_t corresponderá à massa total do elemento;
- b) No caso de elementos com uma camada de isolamento térmico, o valor de M_{Si} tem de ser avaliado de forma isolada em cada um dos lados da camada de isolamento térmico, sendo que em cada um dos lados $M_{Si} = m_i$, onde m_i corresponderá à massa do elemento desde o isolamento térmico até à face em análise;

- c) Para os devidos efeitos, os parciais de M_{Si} mencionados na alínea anterior nunca podem ser superiores a 150 kg/m^2 .

Dependendo da resistência térmica do revestimento superficial interior o regulamento impõe um factor de redução da massa superficial, r , com inclusão da resistência térmica de uma eventual caixa-de-ar associada, R , sendo R resistência térmica superficial ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$)

- a) Para elemento tipo EL1 e EL2:
- Se $R > 0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$, o factor de redução, r , toma o valor 0;
 - Se $0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W} \leq R \leq 0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$, o factor de redução, r , toma o valor 0,5;
 - Se $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$, o factor de redução, r , toma o valor 1.
- b) Para elemento tipo EL3:
- Se $R > 0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ em ambas as faces, o factor de redução, r , toma o valor 0;
 - Se $R > 0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ numa das faces e $0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W} \leq R \leq 0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ na outra face, o factor de redução, r , toma o valor de 0,25;
 - Se $R > 0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ numa das faces e $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ na outra face, o fator de redução, r , toma o valor 0,5;
 - Se $0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W} \leq R \leq 0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ em ambas as faces, o factor de redução, r , toma o valor de 0,5;
 - Se $0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W} \leq R \leq 0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ numa das faces e $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ na outra face, o factor de redução, r , toma o valor 0,75;
 - Se $R < 0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ em ambas as faces, o factor de redução, r , toma o valor 1.
- c) No caso de elementos do tipo EL3 com isolamento térmico, o factor de redução, r , deve ser avaliado em cada uma das faces de forma independente e de acordo com as regras indicadas para os elementos dos tipos EL1 e EL2.
- d) Para os efeitos da alínea anterior, o M_{Si} será calculado para cada um dos lados da camada de isolamento térmico correspondente, conforme ilustrado na Figura 2.

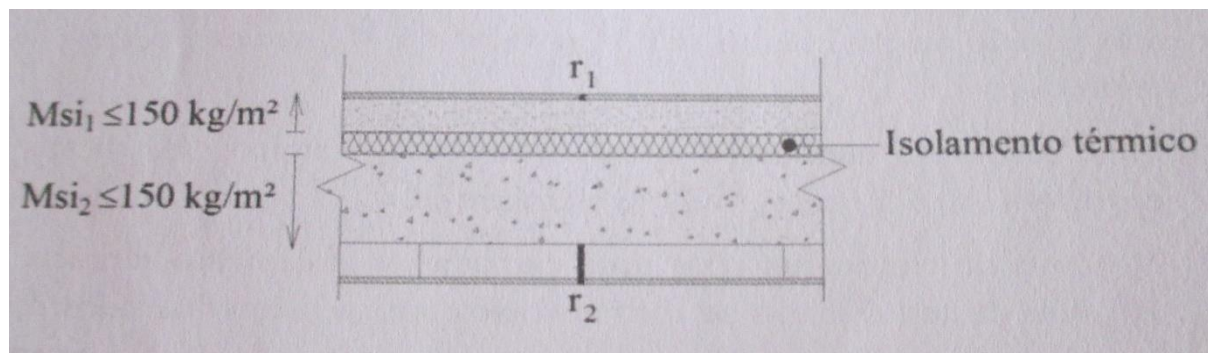


Figura 2 – Elementos do tipo EL3 com isolamento térmico (Despacho n.º 15793 -K/2013)

Deste modo estão definidos os parâmetros necessários para o cálculo da inércia térmica dependendo do tipo de solução construtiva. Analisada a massa superficial útil do edifício, obtém-se de acordo com a classe de inércia térmica obtida, um parâmetro **a**, utilizado no cálculo do factor de utilização dos ganhos térmicos.

Os valores de **a**, são os seguintes:

3 – O parâmetro **a** é função da classe de inércia térmica do edifício, sendo igual a um dos seguintes valores:

- i. 1,8 – correspondente a edifícios com inércia térmica fraca [W/°C];
- ii. 2,6 – correspondente a edifícios com inércia térmica média [W/°C];
- iii. 4,2 – correspondente a edifícios com inércia térmica forte [W/°C]; (2)

3. ORIENTAÇÃO SOLAR

3.1. Considerações Iniciais

A quantidade de energia em forma de calor vinda do sol que entra nas nossas habitações depende de vários factores. Conforme referido no ponto anterior, a massa dos elementos tem influência na quantidade de calor armazenado que vai sendo libertado para o interior. Outro factor tem a ver com o tipo de vãos envidraçados que influencia também a quantidade de calor que passa para o interior, e possivelmente o factor mais importante, a orientação da fachada e os seus materiais constituintes.

Sendo a orientação Sul, a orientação com maiores ganhos solares, o cálculo regulamentar é feito com base na energia obtida nesta orientação. Para tal as restantes orientações, são contabilizadas em percentagem da radiação solar a Sul. Esta percentagem já devidamente estudada está definida no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

3.2. Contabilização Regulamentar

De forma a contabilizar os ganhos térmicos provenientes da radiação solar, o REH tem em consideração vários factores no cálculo térmico. Os factores mais visíveis são as soluções construtivas das envolventes, os vãos envidraçados e as obstruções que provocam sombreamento. Já referida a importância da orientação solar que influencia a quantidade de energia solar que chega à fachada do edifício, contudo a energia absorvida pela fachada não será a totalidade da energia que chega da radiação solar. Desde logo, a influência do tipo de solução construtiva, o tipo dos vãos envidraçados, as protecções solares e também as obstruções que causam sombreamento. Os tipos de sombreamento considerados são o sombreamento do horizonte, relativo a obstruções causadas por outros edifícios, e obstruções causadas por palas horizontais e verticais do próprio edifício.

Devemos considerar igualmente importante a altura do ano em que nos encontramos e a energia que nos chega do sol que difere no Inverno e no Verão. Como tal, o cálculo regulamentar tem algumas diferenças. Se no Inverno necessitamos de aquecer o nosso espaço interior, no Verão precisamos de o arrefecer. Isso deve-se às diferentes temperaturas nessas alturas do ano que em relação à temperatura interior do edifício em estudo, no Inverno a temperatura exterior é mais baixa e no Verão é mais alta. Estes factores foram tidos em conta para o cálculo do comportamento térmico dos edifícios. Desta forma calculam-se as Necessidades Nominais de Energia Útil para o Aquecimento e para o Arrefecimento. Em particular neste trabalho vamos evidenciar os ganhos térmicos nas duas estações consideradas no cálculo do comportamento térmico. O regulamento tem as considerações transcritas nos seguintes pontos.

3.2.1. Ganhos Térmicos Úteis na Estação de Aquecimento

1 – A conversão da parte dos ganhos térmicos brutos que se traduzem em ganhos térmicos úteis faz-se de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{gu,i} = \eta_i \cdot Q_{g,i} [kWh]$$

Equação 2 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento

Em que:

η_i – Factor de utilização de ganhos térmicos na estação de aquecimento

$Q_{g,i}$ – Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento, [kWh]

2 – Os ganhos térmicos brutos a considerar no cálculo das necessidades nominais de aquecimento do edifício têm duas origens, conforme equação seguinte:

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} [kWh]$$

Equação 3 – Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento

Em que:

$Q_{int,i}$ – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, na estação de aquecimento, [kWh]

$Q_{sol,i}$ – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados, na estação de aquecimento, [kWh]

3 – Com exclusão do sistema de aquecimento, os ganhos térmicos internos incluem qualquer fonte de calor situada no espaço a aquecer, nomeadamente, os ganhos de calor associados ao metabolismo dos ocupantes, e o calor dissipado nos equipamentos e nos dispositivos de iluminação.

4 – Para os efeitos do número anterior, os ganhos térmicos internos são calculados, durante toda a estação de aquecimento, de acordo com a seguinte equação:

$$Q_{int,i} = 0,72q_{int} \cdot M \cdot A_p [kWh]$$

Equação 4 – Ganhos térmicos internos na estação de aquecimento

Em que:

q_{int} – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície, iguais a 4 W/m²

M – Duração média da estação convencional de aquecimento, [mês]

A_p – Área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior, [m²]

5 – Para efeitos regulamentares, o cálculo dos ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados na estação de aquecimento deve ser efectuado de acordo com a metodologia abaixo indicada e na qual os ganhos solares são calculados de acordo com a seguinte equação:

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \cdot \sum_j [X_j \cdot \sum_n FS, i_{nj} \cdot AS, i_{nj}] \cdot M \text{ [kWh]}$$

Equação 5 – Ganhos solares brutos na estação de aquecimento

Em que:

G_{sul} – Valor médio mensal de energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a Sul, durante a estação de aquecimento, por unidade de superfície, [kWh/m².mês]

X_j – Factor de orientação para as diferentes exposições de acordo com o quadro 2

FS, i_{nj} – Factor de obstrução do vão envidraçado n com a orientação j na estação de aquecimento

AS, i_{nj} – Área efectiva colectora de radiação solar do vão envidraçado na superfície n com a orientação j, [m²]

j – Índice que corresponde a cada uma das orientações

n – Índice que corresponde a cada uma das superfícies com a orientação j

M – Duração média da estação convencional de aquecimento, [mês]

- As superfícies serão consideradas horizontais quando apresentarem inclinação inferior a 60° face ao plano horizontal, sendo as restantes consideradas verticais;
- Para o cálculo da área efectiva colectora das superfícies verticais e para cada uma das orientações, efectua-se o somatório das áreas colectoras situadas nesse octante;

Quadro 2 –Factor de orientação para as diferentes exposições, X_j

Orientação do vão (j)	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W	H
X_j	0,27	0,33	1	0,84	0,56	0,89

- O valor da área efectiva colectora $A_{s,i}$ deve ser calculado vão a vão, de acordo com a seguinte expressão:

$$A_{s,i_{nj}} = A_w \cdot F_g \cdot g_i \text{ [m}^2\text{]}$$

Equação 6 – Área efectiva colectora dos vãos envidraçados na estação de aquecimento

Em que:

A_w – Área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e caixilho, [m²]

F_g – Fracção envidraçada do vão envidraçado, obtida de acordo com o despacho que procede à publicação dos parâmetros térmicos;

g_i – Factor solar de inverno.

- Nas situações em que não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, o factor solar de inverno será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal,

afetado do factor de seletividade angular, mediante a expressão $g_i = F_{w,i} \cdot g_{\perp,vi}$, sendo estes parâmetros obtidos de acordo com o despacho que procede à publicação dos parâmetros térmicos;

- e) Nas situações de vão envidraçados interiores, ou seja, vãos incluídos na envolvente interior (int), adjacente a um espaço não útil (enu) que possua vãos envidraçados, designadamente marquises, estufas, átrios, ou similares, e em alternativa ao indicado na alínea c), a área colectora deve ser determinada de acordo com a seguinte expressão:

$$A_{s,ij} = (A_w)_{int} \cdot (F_g)_{int} \cdot (F_g)_{enu} \cdot (g_i)_{int} \cdot (g_i)_{enu} \quad [m^2]$$

Equação 7 – Área efectiva colectora dos vãos envidraçados interiores na estação de aquecimento

Em que:

$(A_w)_{int}$ – Área total do vão envidraçado interior, incluindo o vidro e caixilho, $[m^2]$

$(F_g)_{int}$ – Fracção envidraçada do vão envidraçado interior

$(F_g)_{enu}$ - Fracção envidraçada do vão envidraçado do espaço não útil

$(g_i)_{int}$ – Factor solar na estação de aquecimento, do vão envidraçado interior

$(g_i)_{enu}$ - Factor solar na estação de aquecimento, do vão envidraçado do espaço não útil

g_{Tp} – Factor solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de protecção solar permanentes existentes.

- f) No factor solar de ambos os vãos envidraçados, interior e do espaço não útil, não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis, devendo para este efeito considerar-se apenas dispositivos de protecção solar quando os mesmos forem permanentes, $g_i = g_{Tp}$ e obtidos de acordo com o despacho que procede à publicação dos parâmetros térmicos;
- g) A determinação do factor de obstrução da superfície $F_{s,ij}$, para um vão envidraçado interior, é realizada admitindo que os elementos opacos de espaço não útil causam sombreamento no vão envidraçado interior.

3.2.2. Ganhos Térmicos Úteis na Estação de Arrefecimento

1 – Os ganhos térmicos brutos a considerar no cálculo das necessidades nominais de arrefecimento do edifício são obtidos pela soma de duas parcelas, conforme a seguinte equação:

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} \quad [kWh]$$

Equação 8 – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento

Em que:

$Q_{int,v}$ – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor

$Q_{sol,v}$ – Ganhos térmicos associados à radiação solar incidente na envolvente exterior opaca e envidraçada.

2 – Os ganhos térmicos internos devidos aos ocupantes, aos equipamentos e aos dispositivos de iluminação durante toda a estação de arrefecimento, calculam-se de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{int,v} = q_{int} \cdot A_p \cdot L_v / 1000 \quad [kWh]$$

Equação 9 – Ganhos internos na estação de arrefecimento

Em que:

q_{int} – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície, iguais a 4 W/m²

A_p – Área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior, [m²]

L_v – Duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas

3 – Os ganhos solares na estação de arrefecimento resultantes da radiação solar incidente na envolvente opaca e envidraçada calculam-se de acordo com a seguinte equação, sendo que a determinação do factor de obstrução de superfícies opacas é opcional devendo, quando considerada, seguir uma abordagem comum à dos vãos envidraçados:

$$Q_{sol,v} = \sum_j \left[G_{sol,j} \sum_n F_{s,v,nj} A_{s,v,nj} \right] \quad [kWh]$$

Equação 10 – Ganhos solares na estação de arrefecimento

Em que:

$G_{sol,j}$ – Energia solar média incidente numa superfície com a orientação j durante toda a estação de arrefecimento, [kWh/m²]

$A_{s,v,nj}$ – Área efectiva coletora de radiação solar da superfície do elemento n com a orientação j, [m²]

j – Índice correspondente a cada uma das orientações por octante e à posição horizontal

n – Índice correspondente a cada um dos elementos opacos e envidraçados com a orientação j

$F_{s,v,nj}$ – Factor de obstrução da superfície do elemento n, com a orientação j

- a) A área efectiva colectora de radiação solar de cada vão envidraçado n com orientação j , deve ser calculada através da seguinte expressão, aplicável a espaços úteis e não úteis:

$$A_{s,v_{nj}} = A_w \cdot F_g \cdot g_v \text{ [m}^2\text{]}$$

Equação 11 – Área efectiva colectora dos vãos envidraçados na estação de arrefecimento

Em que:

A_w – Área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e caixilho, [m²]

F_g – Fracção envidraçada do vão envidraçado, obtida de acordo com o despacho que procede à publicação dos parâmetros térmicos

g_v – Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento

- b) Nas situações de vãos envidraçados interiores, ou seja, vãos incluídos na envolvente interior (int), adjacente a um espaço não útil (enu) que possua vãos envidraçados, designadamente marquises, estufas, átrios, ou similares, e em alternativa ao indicado na alínea a), a área efectiva colectora deve ser determinada de acordo com a seguinte expressão:

$$A_{s,v_{nj}} = (A_w)_{int} \cdot (F_g)_{int} \cdot (F_g)_{int} \cdot (g_v)_{int} \cdot (g_v)_{enu} \text{ [m}^2\text{]}$$

Equação 12 – Área efectiva colectora dos vãos envidraçados interiores na estação de arrefecimento

Em que:

$(A_w)_{int}$ – Área total do vão envidraçado interior, incluindo o vidro e caixilho, [m²]

$(F_g)_{int}$ – Fracção envidraçada do vão envidraçado interior

$(g_v)_{int}$ – Factor solar na estação de arrefecimento, do vão envidraçado interior

$(g_v)_{enu}$ - Factor solar na estação de arrefecimento, do vão envidraçado do espaço não útil

- c) A determinação do factor de obstrução da superfície $F_{s,v_{nj}}$ para um vão envidraçado interior, é realizada admitindo sempre que os elementos opacos do espaço não útil não causam sombreamento no vão envidraçado interior (como se não existisse espaço não útil), pelo que, na ausência de outros sombreamentos, este parâmetro é igual a 1;
- d) No caso do factor solar do vão envidraçado do espaço não útil, dispor de dispositivos de protecção permanentes, este toma o valor de g_{Tp} e pode ser determinado de acordo com o disposto no despacho que procede à publicação dos parâmetros térmicos, sendo que nos restantes casos é igual a 1.

- e) A área efectiva colectora de radiação solar de um elemento n da envolvente opaca exterior, com orientação j é calculada através da seguinte expressão, aplicável a espaços úteis e não úteis:

$$A_{s,v_{nj}} = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se} \quad [m^2]$$

Equação 13 – Área efectiva colectora de radiação solar de elemento da envolvente opaca na estação de arrefecimento

Em que:

α - Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca

U – Coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente opaca, $[W/m^2]$

A_{op} – Área do elemento da envolvente opaca exterior, $[m^2]$

R_{se} – Resistência térmica superficial exterior igual a $0,04 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ C)$

3.3. Ganhos Internos

As principais fontes de ganhos internos de calor num edifício são as próprias pessoas que neles habitam ou trabalham, que libertam calor em resultado da sua actividade metabólica. Os sistemas de iluminação eléctrica que neles se instalam, que libertam calor na transformação de energia eléctrica em luz visível, e todos os outros equipamentos eléctricos que neles funcionam – computadores, televisões, impressoras, frigoríficos, entre outros electrodomésticos do nosso dia-a-dia, que dissipam calor em resultado da sua operação. Em certos edifícios, como no caso das nossas habitações, existem outros tipos de aparelhos que não são eléctricos, mas que também produzem calor, como os fogões e as caldeiras ou esquentadores a gás, e como tal devem igualmente ser levados em conta na contabilização dos ganhos internos. Actualmente já temos também equipamentos que produzem calor com outras fontes de energia, além das já referidas, as caldeiras, salamandras e os recuperadores de calor a biomassa, lenha e também a pellets, já se encontram com muita frequência nos edifícios de habitação. (1)

É importante também referir que qualquer quantidade de calor que se destine a climatizar o ambiente não deve ser tomada como ganho interno. No caso da estação de aquecimento (Inverno), como a existência de ganhos é favorável de ponto de vista da economia de energia, muitas vezes eles são ignorados no processo de cálculo das necessidades energéticas. Na estação de arrefecimento (Verão), ao contrário, os ganhos internos são desfavoráveis e, como tal, devem ser levados em conta na estimativa das necessidades de arrefecimento. (1)

Relativamente às pessoas, o calor resultante dos processos metabólicos do organismo, que são uma função do tipo de actividade, representa normalmente uma fracção importante dos ganhos de calor sensível e latente de um edifício, podendo mesmo ser uma parcela dominante da carga de arrefecimento em edifícios de grande ocupação, como teatros, cinemas, salas de concertos. (1)

A iluminação eléctrica é também uma importante fonte de ganhos internos dos edifícios, pela dissipação térmica a ela associada. A necessidade de satisfazer as exigências de iluminação dos edifícios obriga à utilização de iluminação eléctrica, que utiliza o aquecimento por efeito de Joule para produzir radiação luminosa. (1)

3.4. Radiação Solar

A influência da radiação solar no conjunto das acções térmicas exteriores que se exercem sobre os edifícios tem particular importância no que concerne ao comportamento estrutural, nomeadamente quando as estruturas são expostas – caso particular de algumas estruturas metálicas ou de betão “à vista” – e também ao comportamento higrotérmico, pois ela pode representar um importante contributo para a satisfação das exigências de Inverno e é o factor mais condicionante daquelas exigências de conforto em períodos de Verão.

A radiação solar global que atinge a superfície terrestre é composta pela radiação directa – que atravessa a atmosfera unidireccionalmente – e a radiação difusa – que atinge a Terra depois de múltiplas reflexões nas partículas em suspensão na atmosfera. (1)

4. MORADIAS ESTUDADAS

4.1. Descrição e considerações dos edifícios estudados

Neste trabalho foram estudadas duas moradias que tiveram licenciamento no Município da Figueira da Foz, uma das moradias com arquitectura executada em Setembro de 2010, a outra moradia com arquitectura executada no ano de 2007. Ambas as moradias foram analisadas pelo Decreto-Lei n.º118/2013 de 20 de Agosto, REH.

Sintetizando a moradia mais recente por moradia 1, trata-se de uma moradia unifamiliar, de tipologia T3, edifício com 2 pisos, sendo a cave destinada a garagem e o rés-do-chão destinado a habitação. Edifício com uma área útil de 222,59 m² e pé direito médio de 2,72 m. O local de implantação situa-se na freguesia de Marinha das Ondas, concelho de Figueira da Foz, a uma altitude de aproximadamente 51 metros inserido numa zona rural a menos de 5 km da costa, Região B. Pelo REH os dados climáticos são zona de Inverno I1 e zona de Verão V2 e 1288 graus-dias, temperatura média exterior na estação de Inverno de 10°C e 20,9°C na estação de Verão, uma duração de 6,3 meses da estação de Inverno e de 4 meses para a estação de Verão. A fachada principal está orientada a Sudoeste. A estrutura projectada para esta moradia consiste numa estrutura porticada em betão armado com espessura de 25 cm e lajes aligeiradas com espessura de 24 cm.

A moradia tem como envolventes, paredes exteriores, paredes interiores de separação com os espaços não úteis, pavimento interior, pavimento exterior e cobertura exterior plana.

As áreas das envolventes medidas da moradia são apresentadas no quadro seguinte:

Quadro 3 – Áreas das envolventes da moradia 1

	Este	Sul	Nordeste	Noroeste	Sudoeste	Sudeste	Total
Envolvente vertical opaca (m ²)	7,56	1,76	44,09	51,33	35,35	67,81	207,90
Envidraçados (m ²)			4,00	16,15	21,6	4,8	46,55
A_{env}/A_{pav} (%)	-	-	9,07	31,46	61,1	7,08	
Pontes térmicas planas (m ²)	0,43	0,22	4,37	7,92	7,08	8,33	28,35
Envolvente vertical opaca interior (m ²)							12,78
Envolvente horizontal - pavimento exterior (m ²)							34,39
Envolvente horizontal - pavimento interior (m ²)							165,14
Envolvente horizontal - cobertura exterior (m ²)							215,34

A moradia 2 trata-se igualmente de uma moradia unifamiliar, de tipologia T5, edifício com 3 pisos, sendo a cave destinada a garagem, arrumos e serviços técnicos, rés-do-chão e 1.º andar destinados a habitação. Edifício com uma área útil de 290,18 m² e pé direito médio de 2,60 m. O local de implantação situa-se na freguesia de Vila Verde, concelho de Figueira da Foz, a uma altitude de aproximadamente 37 metros inserido numa zona rural a menos de 5 km da costa, Região B, pelo REH os dados climáticos são zona de Inverno I1 e zona de Verão V2 e

1274 graus-dias, temperatura média exterior na estação de Inverno de 10°C e 20,9°C na estação de Verão, uma duração de 6,3 meses da estação de Inverno e de 4 meses para a estação de Verão. A fachada principal está orientada a Oeste. A estrutura projectada para esta moradia consiste numa estrutura porticada em betão armado com espessura de 25 cm e lajes aligeiradas com espessura de 24 cm.

A moradia tem como envolventes, paredes exteriores, paredes interiores de separação com os espaços não úteis, pavimento interior, pavimento exterior, cobertura exterior inclinada e cobertura interior.

As áreas das envolventes medidas da moradia são apresentadas no quadro seguinte:

Quadro 4 – Áreas das envolventes verticais da moradia 2

	Norte	Oeste	Sul	Este	Total
Envolvente vertical opaca (m ²)	46,68	51,06	35,51	65,20	198,45
Envidraçados (m ²)	17,00	17,83	41,06	25,61	101,50
A_{env}/A_{pav} (%)	29,32	29,15	84,17	32,48	
Pontes térmicas planas (m ²)	11,30	10,10	13,27	13,67	48,34
Envolvente vertical opaca interior (m ²)					43,98
Envolvente horizontal - pavimento exterior (m ²)					8,16
Envolvente horizontal - pavimento interior (m ²)					166,25
Envolvente horizontal - cobertura exterior (m ²)					18,86
Envolvente horizontal - cobertura interior (m ²)					174,35

4.2. Soluções construtivas e considerações para o cálculo

4.2.1. Soluções Construtivas

Procurou-se encontrar soluções construtivas correntes da nossa construção, de modo a obter as três classes de inércia térmica previstas no REH. Desta forma, foi possível comparar as soluções construtivas com os ganhos térmicos obtidos com cada uma e os seus custos de construção.

Conforme foi descrito no capítulo referente à Inércia Térmica, teremos de ter um edifício com uma massa superficial útil por metro quadrado superior a 400 [kg/m²] para se ter uma classe de inércia forte, uma massa superficial útil por metro quadrado compreendida entre 150 a 400 [kg/m²] para uma classe de inércia média e uma massa superficial útil por metro quadrado inferior a 150 [kg/m²] para termos uma classe de inércia fraca.

As soluções construtivas consideradas no cálculo do comportamento térmico estão descritas nos seguintes quadros:

Quadro 5 – Solução construtiva de parede com isolamento pelo exterior

CONSTITUIÇÃO:	ρ [kg/m ³]	λ [w/m.°C]	e [m]	m [kg/m ²]	M [kg/m ²]	R [m ² °C/W]	U [W/m ² °C]	Factor de correção
reboco delgado	1800	1,3	0,006	10,80	181,00 - 150,00	0,00	0,40	1,00
isolamento térmico XPS	-	0,037	0,05	-		1,35		
bloco térmico proetics - 25cm	-	0,268	0,25	145,00		0,93		
reboco hidráulico	1800	1,30	0,02	36,00		0,02		
<u>fluxo exterior</u>	0,04			<u>fluxo interior</u>		0,13		

Quadro 6 – Solução construtiva de parede com isolamento repartido na caixa-de-ar

CONSTITUIÇÃO:	ρ [kg/m ³]	λ [w/m.°C]	e [m]	m [kg/m ²]	M [kg/m ²]	R [m ² °C/W]	U [W/m ² °C]	Factor de correção
reboco hidráulico	1800	1,3	0,02	36,00	109,70	0,02	0,40	1,00
pano de tijolo furado - 15cm	650	0,385	0,15	97,50		0,39		
isolamento térmico (XPS)	25	0,037	0,06	1,50		1,62		
pano de tijolo furado - 11cm	670	0,407	0,11	73,70		0,27		
reboco hidráulico	1800	1,30	0,02	36,00		0,02		
<u>fluxo exterior</u>	0,04			<u>fluxo interior</u>		0,13		

Quadro 7 – Solução construtiva de parede com isolamento pelo interior

CONSTITUIÇÃO:	ρ [kg/m ³]	λ [w/m.°C]	e [m]	m [kg/m ²]	M [kg/m ²]	R [m ² °C/W]	U [W/m ² °C]	Factor de correção
reboco delgado	1800	1,3	0,006	10,80	10,38	0,00	0,40	1,00
bloco térmico proetics - 25cm	580	0,268	0,25	145,00		0,93		
XPS	40	0,037	0,02	145,00		0,59		
Pladur TERM-N (XPS)	-	-	0,033	10,38		0,79		
<u>fluxo exterior</u>	0,04			<u>fluxo interior</u>		0,13		

Quadro 8 – Solução construtiva de pavimento interior

CONSTITUIÇÃO:	ρ [kg/m³]	λ [kg/m³]	e [m]	m [kg/m²]	M [kg/m²]	R [m²°C/W]	U [W/m²°C]	Factor de correcção
fluxo interior						0,17	0,57 Quadro II.9 (A) - ITE 50	1,00
revestimento cerâmico	--	--	--	--	≤150kg	--		
isolamento térmico (XPS)	--	--	0,04	--		--		
Camada de forma, betão celular	--	--	--	--		--		
Laje aligeirada	--	--	0,24	--		--		
reboco hidráulico	--	--	--	--		--		
fluxo interior						0,17		

Quadro 9 – Solução construtiva de pavimento exterior

CONSTITUIÇÃO:	ρ [kg/m³]	λ [kg/m³]	e [m]	m [kg/m²]	M [kg/m²]	R [m²°C/W]	U↓ [W/m²°C]	Factor de correção
fluxo exterior						0,04	0,61 Quadro II.9 (A) - ITE 50	1,00
revestimento cerâmico	-	-	-	-	≤150kg	-		
isolamento térmico (XPS)	-	-	0,04	-		-		
impermeabilização	-	-	-	-		-		
camada de forma em betão celular	-	-	-	-		-		
laje aligeirada	-	-	0,24	-		-		
reboco hidráulico	-	-	-	-		-		
fluxo interior						0,17		

Quadro 10 – Solução construtiva de cobertura interior

CONSTITUIÇÃO:	ρ [kg/m³]	λ [kg/m³]	e [m]	m [kg/m²]	M [kg/m²]	R [m²°C/W]	U↑ [W/m²°C]	Factor de correção
fluxo interior						0,04	0,65 Quadro II.19 (A) -ITE 50	1,00
isolamento térmico (XPS)	--	--	0,04	--	≤150kg	--		
laje aligeirada - e=0,24m	--	--	0,24	--		--		
reboco hidráulico	--	--	--	--		--		
fluxo interior						0,10		

Quadro 11 – Solução construtiva de cobertura exterior horizontal

CONSTITUIÇÃO:	ρ [kg/m ³]	λ [kg/m ³]	e [m]	m [kg/m ²]	M [kg/m ²]	R [m ² °C/W]	U↑ [W/m ² °C]	Factor de correccção
fluxo exterior						0,04	0,52 Quadro II.14 (A2) -ITE 50	1,00
revestimento cerâmico	-	-	-	-	≤150kg	-		
isolamento térmico (XPS)	-	-	0,04	-		-		
impermeabilização	-	-	-	-		-		
camada de forma em betão celular	-	-	-	-		-		
laje alijeirada	-	-	0,24	-		-		
reboco hidráulico	-	-	-	-		-		
fluxo interior						0,10	U↓ [W/m ² °C]	
							0,48 Quadro II.16 (A2) -ITE 50	

Quadro 12 – Solução construtiva de cobertura exterior inclinada

CONSTITUIÇÃO:	ρ [kg/m³]	λ [kg/m³]	e [m]	m [kg/m²]	M [kg/m²]	R [m²°C/W]	U↑ [W/m²°C]	Factor de correção
fluxo exterior						0,04	0,73	1,00
revestimento telhas cerâmicas	-	-	-	-	≤150kg	-	Quadro II.18 (A) -ITE 50	
isolamento térmico (XPS)	-	-	0,04	-		-	U↓ [W/m²°C]	
laje aligeirada	-	-	0,20	-		-	0,73	
reboco hidráulico	-	-	-	-		-	Quadro II.18 (A) -ITE 50	
fluxo interior						0,10		

Quadro 13 – Solução construtiva de vão de escadas sendo pavimento interior

CONSTITUIÇÃO:	ρ [kg/m³]	λ [w/m.°C]	e [m]	m [kg/m²]	M [kg/m²]	R [m²°C/W]	U [W/m²°C]	Factor de correção
acabamento em madeira leve	435	0,15	0,01	4,35	10,78	0,07	0,60	0,00
laje escada - 0,15m	2300	2,00	0,15	345,00		0,08		
pladur term XPS - 30mm	253,65	0,04	0,043	10,78		1,18		
fluxo interior	0,17			fluxo interior		0,17		

Pelo observado nas tabelas acima, pode-se confirmar a utilização de soluções construtivas correntes da nossa construção. Os valores dos parâmetros térmicos foram obtidos recorrendo a publicações técnicas usuais. Os materiais utilizados que surgem da junção de mais que um material, ou materiais com características térmicas melhoradas, os seus valores característicos foram retirados das tabelas de características técnicas fornecidas pelo respectivo fabricante.

Neste caso, a aplicação de isolamento pelo interior foi feita recorrendo a uma placa de gesso cartonado com incorporação de placa de isolamento térmico. Nestes casos, a utilização deste material é de aplicação fácil e também confere um bom acabamento final.

Os coeficientes térmicos de soluções construtivas dos pavimentos e coberturas foram obtidas também recorrendo a publicação técnica, nomeadamente a publicação dos Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios, ITE50, sendo esta uma publicação do LNEC muito usual na obtenção dos coeficientes de transmissão térmica e para algumas soluções dos coeficientes de resistência térmica.

Recorreram-se também a algumas características técnicas dos tijolos cerâmicos tradicionais da marca Preceram, uma vez que o ITE50 não tem a informação da massa volúmica aparente seca para estes materiais. Foi no entanto considerado para a obtenção do coeficiente de transmissão térmica linear o valor da resistência térmica dos tijolos cerâmicos declarada no ITE50.

As características dos blocos térmicos utilizados para a alvenaria com isolamento térmico pelo exterior e pelo interior foram obtidos pelas tabelas fornecidas do fabricante com os valores declarados das características dos blocos térmicos.

Foram consideradas soluções construtivas com o mesmo coeficiente de transmissão térmica superficial, permitindo desta forma comparar os valores obtidos dos ganhos térmicos úteis para as três classes de inércia térmica.

4.2.2. Espaços não úteis

Para os espaços não úteis, o coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis, btr foi obtido de acordo com o REH, tendo sido considerados os parâmetros da Tabela 22 do Despacho n.º 15793-K/2013.

Os espaços não úteis considerados foram:

Moradia 1

Desvão sanitário, considerado fortemente ventilado com btr = 1,00.

Garagem, com $A_i/A_u < 0,5$, um volume superior a 200 m^3 com ventilação fraca, btr = 1,00.

Lavandaria, com $0,5 \leq A_i/A_u < 1$, um volume inferior a 50 m^3 com ventilação fraca, btr = 0,70.

Desvão não ventilado (vão de escadas), com $A_i/A_u \geq 4$, um volume inferior a 50 m^3 com ventilação fraca, btr = 0,30.

Moradia 2

Desvão sanitário, considerado fortemente ventilado com btr = 1,00.

Desvão de cobertura, considerado fortemente ventilado com btr = 1,00.

Garagem, com $1 \leq A_i/A_u < 2$, um volume compreendido entre $50 < V \leq 200 \text{ m}^3$ com ventilação fraca, btr = 0,70.

Arrumos, com $2 \leq A_i/A_u < 4$, um volume compreendido entre $50 < V \leq 200 \text{ m}^3$ com ventilação fraca, btr = 0,50.

Lavandaria, com $1 \leq A_i/A_u < 2$, um volume inferior a 50 com ventilação fraca, btr = 0,60.

4.2.3. Taxa de renovação de ar

O cálculo da taxa de renovação do ar interior sofreu uma grande alteração na actualização do RCCTE para o REH, sendo calculada mais frequentemente através da ferramenta disponibilizada pelo LNEC - Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS.

No REH a taxa de renovação do ar interior é calculada de forma mais ajustada a cada edifício em que são considerados mais parâmetros que no regulamento anterior. Para a obtenção da

taxa de renovação de ar temos de ter em conta os seguintes parâmetros: município, região, rugosidade, altitude do local, número de fachadas expostas ao exterior. No caso de existirem edifícios ou obstáculos à frente das fachadas é considerada a distância ao obstáculo e a altura do mesmo, área útil, pé direito, velocidade do vento, permeabilidade ao ar da envolvente, a existência de aberturas de admissão de ar na fachada, condutas de ventilação natural ou condutas com exaustores que não obturam o escoamento de ar pela conduta, ventiladores mecânicos, sistemas híbridos de baixa pressão e recuperadores de calor (verão). Os valores mínimos regulamentares são 0,40 h-1 para a estação de aquecimento (Inverno) e 0,60 h-1 para a estação de arrefecimento (Verão).

De modo a poder-se obter o mesmo valor para as moradias em estudo, foram considerados os dois valores mínimos regulamentares nas três classes de inércia térmica.

4.2.4. Vãos envidraçados

Para os vãos envidraçados, foi considerada uma caixilharia em alumínio, com corte térmico sem classificação de permeabilidade ao ar. Considerou-se também vidro duplo corrente com caixa-de-ar de 10 mm. Em relação à protecção solar considerou-se como sendo exterior com persina de réguas plásticas ou metálicas de cor clara e com permeabilidade ao ar baixa.

Foi possível obter o valor do coeficiente de transmissão térmica recorrendo ao ITE50. Os valores de cálculo referentes às características do vidro e protecção solar obtiveram-se recorrendo ao REH, Tabela 12 e Tabela 13 do Despacho n.º 15793-K/2013.

Quadro 14 – Características dos vãos envidraçados

Material caixilharia	Número de vidros	Tipo de janela	Esp. da lâmina de ar [mm]	U_{wdn} [W/(m ² °C)]	g_{vi}	g_{r}	$g_{\text{máx}}$
Alumínio com corte térmico	2 (vidro duplo)	fixa, giratória ou de correr	10	2,62	0,75	0,04	0,56

5. DESIGN BUILDER

Foi utilizado o software Design Builder para comparar os valores de cálculo obtidos pela metodologia de cálculo do REH. Este software é utilizado no cálculo de edifícios destinados a serviços com potência de climatização superior a 25 kW ou área superior a 1000 m², designados por Grandes Edifícios de Comércio e Serviços. O software executa uma simulação térmica dinâmica EnergyPlus ao edifício em estudo e está preparado para fazer o cálculo de grandes edifícios de serviços. Considerando o objecto de estudo deste trabalho, tiveram de ser feitos alguns ajustes de modo a conseguirmos ter as configurações de cálculo ajustadas a um edifício de habitação.

Com este software produz-se um modelo tridimensional do edifício que estamos a estudar, os pisos são tratados como blocos e ao produzir os blocos com o auxílio ou não de máscaras provenientes da arquitectura, em formato DXF, o software produz automaticamente as envolventes verticais e horizontais, assim como as aberturas para os vãos envidraçados podem ser também adicionadas. Existindo vários envidraçados e com várias medidas, a opção mais adequada é serem colocados manualmente. Nas opções do software insere-se a medida do pé direito e para os vãos envidraçados podemos optar por fixar a medida do piso ou do tecto para depois inserirmos o vão envidraçado com a medida pretendida. São definidos e atribuídos às envolventes os materiais que as constituem.

Tratando-se de um software de simulação térmica dinâmica com opções de cálculo mais ajustadas a edifícios de serviços, foi necessário criar as opções de cálculo ajustadas para habitação. Em relação à iluminação, ventilação, equipamentos para climatização, ganhos internos, outros equipamentos que afectem a carga térmica interior, o tempo de utilização do edifício em termos de ocupação humana, entre outras opções, foram ajustadas para utilização de um edifício habitacional de modo a poder ser feita uma melhor comparação de resultados. Sendo um software muito completo para o cálculo dinâmico, algumas opções de cálculo foram desactivadas para a obtenção de resultados mais correctos tratando-se de edifícios de habitação que estão em estudo neste trabalho. A consideração de equipamento de aquecimento e de arrefecimento teve de ser activada, considerou-se o equipamento por defeito no REH. Para o aquecimento uma resistência eléctrica de eficiência 1, para o arrefecimento máquina frigorífica com eficiência 2,8.

Com os modelos inseridos no software foram feitas as simulações das duas moradias com as várias soluções construtivas e as rotações impostas para se variar a orientação solar. Procurou-se verificar que o cálculo estático do REH e que o cálculo dinâmico do Design Builder comprovem os conceitos teóricos já mencionados, a inércia térmica e a orientação solar. Os quadros e figuras dos capítulos seguintes mostram os resultados obtidos pelo software para as perdas e ganhos térmicos nas diferentes envolventes, no sentido de se comprovar os efeitos da inércia térmica e da orientação solar. Para um melhor entendimento, mostram-se os valores obtidos para os envidraçados, paredes e

coberturas, envoltentes mais expostas ao exterior e que mais variam com os parâmetros em estudo.

5.1. Valores da simulação dinâmica da moradia 1

Quadro 15 – Resultados Design Builder – Moradia 1 (situação inicial)

	Moradia 1 - Situação inicial - Inércia Forte			Moradia 1 - Situação inicial - Inércia Média			Moradia 1 - Situação inicial - Inércia Fraca		
Envoltente - Mês	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh
Janeiro	-849,81	-923,14	-750,84	-855,23	-915,37	-755,15	-857,12	-922,86	-757,10
Fevereiro	-675,76	-726,86	-536,68	-684,33	-712,95	-545,63	-686,46	-730,02	-548,01
Março	-626,70	-654,86	-369,72	-638,95	-646,20	-382,94	-642,15	-657,23	-386,68
Abril	-524,81	-486,09	-215,58	-522,80	-444,37	-214,33	-517,09	-438,13	-208,34
Maio	-455,22	-429,62	-62,44	-442,11	-392,29	-50,70	-436,13	-386,36	-42,94
Junho	-211,58	-184,55	262,88	-199,95	-126,76	271,86	-203,83	-135,02	271,16
Julho	-36,45	42,35	450,38	-26,70	48,99	457,31	-34,79	76,55	453,24
Agosto	-49,93	29,36	365,30	-38,42	22,10	374,46	-47,62	69,38	368,72
Setembro	-150,03	-190,50	103,41	-134,97	-149,52	115,34	-141,43	-134,58	112,19
Outubro	-431,49	-396,67	-247,83	-412,18	-449,81	-231,44	-410,44	-427,74	-228,88
Novembro	-540,41	-629,38	-463,78	-547,96	-619,64	-472,60	-550,26	-627,20	-475,70
Dezembro	-765,72	-780,95	-678,36	-768,98	-818,85	-679,49	-770,24	-816,80	-681,26

Quadro 16 – Resultados Design Builder – Moradia 1 (1.ª Rotação)

	Moradia 1 - 1ª rotação - Inércia Forte			Moradia 1 - 1ª rotação - Inércia Média			Moradia 1 - 1ª rotação - Inércia Fraca		
Envoltente - Mês	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh
Janeiro	-887,41	-802,98	-720,70	-891,16	-801,32	-725,16	-891,34	-797,80	-724,31
Fevereiro	-709,49	-610,45	-492,09	-718,98	-602,94	-502,33	-719,72	-610,69	-501,71
Março	-651,77	-538,13	-301,30	-669,36	-533,97	-318,21	-674,00	-535,17	-321,89
Abril	-561,42	-385,93	-130,59	-569,52	-355,40	-137,21	-572,15	-345,39	-139,70
Maio	-498,02	-383,85	-16,92	-487,17	-349,31	-6,46	-483,99	-339,42	-2,67
Junho	-276,29	-189,82	274,82	-264,46	-133,45	285,87	-267,99	-137,43	283,64
Julho	-120,17	26,51	464,70	-109,06	35,74	474,77	-116,87	62,21	468,70
Agosto	-152,34	58,20	402,64	-138,58	54,99	415,67	-147,86	104,24	407,56
Setembro	-253,07	-78,35	151,32	-236,73	-39,13	166,28	-243,66	-18,39	160,56
Outubro	-455,71	-235,54	-166,36	-443,69	-297,27	-154,33	-446,88	-266,32	-156,26
Novembro	-568,88	-489,37	-409,85	-579,29	-483,22	-421,70	-580,02	-484,53	-421,59
Dezembro	-791,45	-678,00	-651,96	-794,38	-716,54	-653,76	-794,58	-701,68	-653,34

Quadro 17 – Resultados Design Builder – Moradia 1 (2.ª Rotação)

	Moradia 1 - 2ª rotação - Inércia Forte			Moradia 1 - 2ª rotação - Inércia Média			Moradia 1 - 2ª rotação - Inércia Fraca		
Envolvente - Mês	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh
Janeiro	-848,44	-877,63	-731,95	-852,68	-871,94	-736,85	-854,15	-875,32	-737,12
Fevereiro	-674,76	-688,58	-518,76	-684,91	-678,31	-529,57	-687,59	-691,50	-530,57
Março	-621,26	-634,53	-359,25	-638,01	-626,86	-375,09	-640,97	-632,66	-376,63
Abril	-529,71	-483,17	-208,87	-530,89	-442,05	-208,39	-530,56	-437,92	-207,77
Maio	-458,33	-459,45	-74,69	-446,71	-423,18	-62,95	-445,60	-419,42	-61,31
Junho	-197,58	-226,43	244,70	-188,54	-167,89	253,37	-193,30	-177,16	249,48
Julho	-12,72	-1,76	432,10	-4,82	5,80	439,64	-11,93	33,74	433,64
Agosto	-37,44	10,01	363,71	-27,68	3,28	373,71	-35,91	54,78	365,96
Setembro	-178,99	-151,97	118,91	-165,48	-112,00	131,49	-172,32	-95,29	125,88
Outubro	-439,97	-331,05	-217,59	-425,63	-390,19	-203,50	-426,80	-362,42	-202,86
Novembro	-543,28	-557,40	-428,41	-553,12	-552,44	-439,71	-555,69	-556,71	-441,17
Dezembro	-763,07	-737,78	-659,53	-766,05	-774,84	-661,29	-766,88	-766,08	-661,53

Quadro 18 – Resultados Design Builder – Moradia 1 (3.ª Rotação)

	Moradia 1 - 3ª rotação - Inércia Forte			Moradia 1 - 3ª rotação - Inércia Média			Moradia 1 - 3ª rotação - Inércia Fraca		
Envolvente - Mês	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh
Janeiro	-787,15	-990,64	-784,86	-797,78	-984,38	-794,13	-801,70	-995,33	-797,31
Fevereiro	-643,20	-814,60	-572,87	-654,02	-802,04	-583,37	-654,58	-821,40	-584,60
Março	-616,00	-754,09	-393,55	-625,95	-747,01	-403,97	-625,95	-760,63	-405,63
Abril	-509,08	-568,88	-200,94	-508,21	-532,49	-200,31	-505,11	-533,49	-198,43
Maio	-443,60	-477,11	-51,01	-432,52	-441,77	-40,03	-427,72	-438,86	-34,94
Junho	-211,79	-240,72	261,66	-201,62	-184,53	271,69	-205,14	-191,62	269,19
Julho	-34,99	-42,09	443,65	-25,73	-32,88	452,59	-33,35	-7,96	446,27
Agosto	-34,17	-76,73	375,03	-23,36	-78,73	386,16	-31,47	-36,55	378,48
Setembro	-123,97	-277,35	113,50	-110,70	-236,15	126,12	-115,71	-222,94	121,78
Outubro	-412,24	-486,72	-264,82	-393,39	-534,13	-247,68	-388,47	-513,32	-243,37
Novembro	-509,80	-713,01	-511,76	-519,56	-698,83	-521,59	-517,90	-705,30	-520,66
Dezembro	-715,97	-830,06	-714,95	-722,30	-876,28	-719,18	-723,58	-878,91	-720,85

Para mostrar a variação dos valores dos ganhos térmicos expressos nas tabelas, as figuras seguintes mostram graficamente os valores das paredes nas duas primeiras situações de estudo. Tendo sido apenas um cálculo complementar, optou-se por mostrar graficamente apenas as duas primeiras situações de estudo.

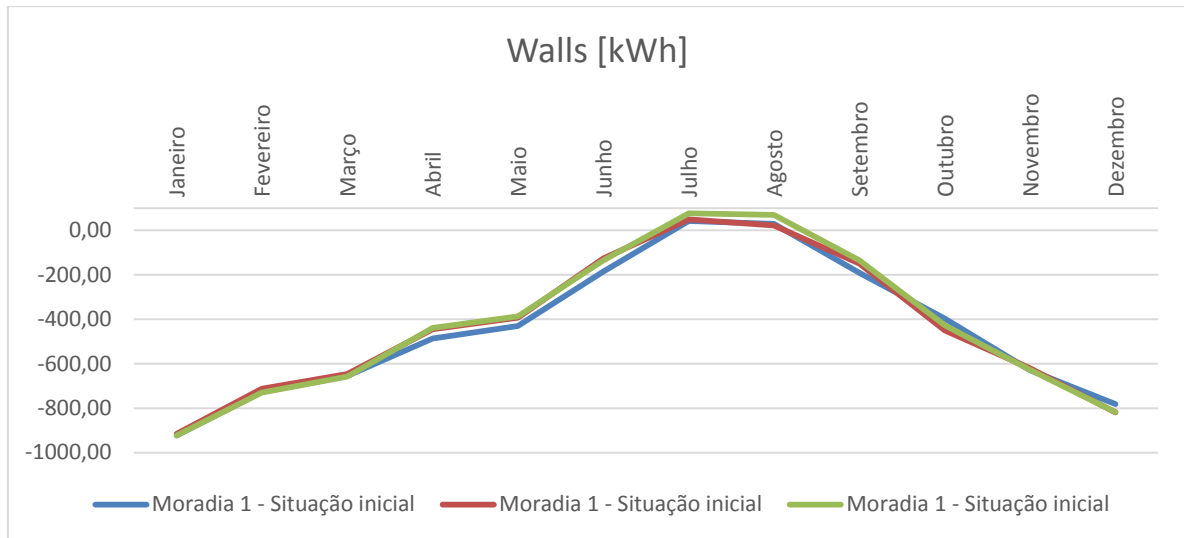


Figura 3 – Variação de valores nas paredes da moradia 1 - situação inicial

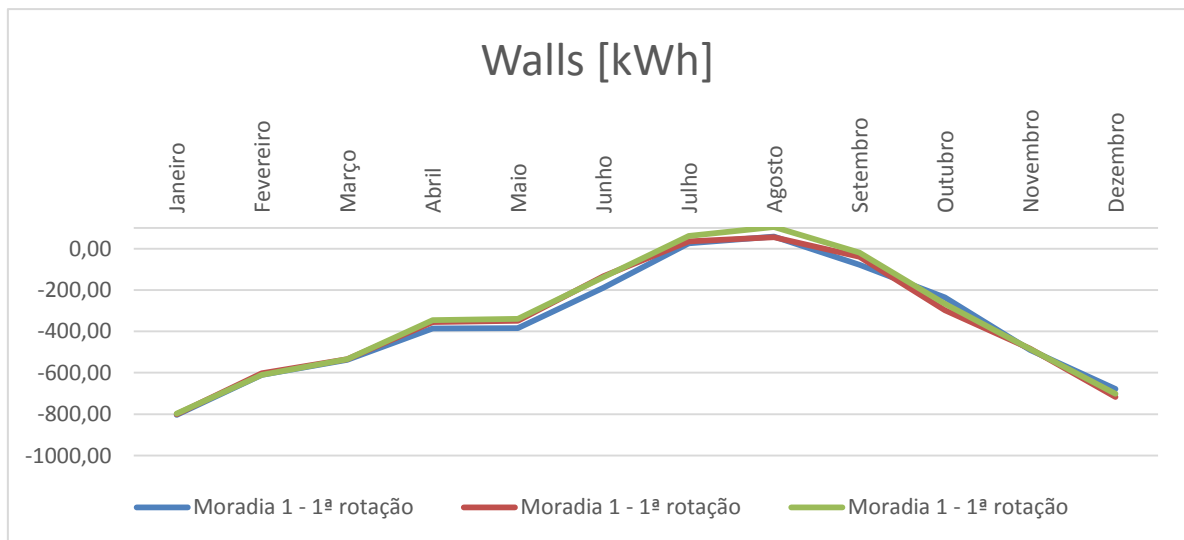


Figura 4 – Variação de valores nas paredes da moradia 1 - 1ª rotação

As figuras mostram a variação que ocorre nas paredes exteriores, observa-se que os valores estão muito próximos nas três classes de inércia.

Procurou-se então calcular a relação entre os dois cálculos, com os valores dos ganhos térmicos já calculados pelo REH, explicados no capítulo 6, recorreu-se aos resultados do Design Builder para saber o valor obtido pelo software para os ganhos térmicos. Teve-se em consideração que o software faz o cálculo hora a hora com os dados climáticos do local onde está implantado o edifício em estudo, o REH sendo um cálculo simplificado, considera uma duração da estação de aquecimento e de arrefecimento. Neste caso 6,3 meses para a estação de aquecimento e de 4 meses para a estação de arrefecimento. Outro pormenor a ter em conta é a multiplicação de um factor 0,72 no cálculo dos ganhos internos pelo REH na estação de aquecimento, equação 4.

Aos valores obtidos pelo Design Builder para os ganhos internos considerou-se os meses de Janeiro a Maio e Outubro a Dezembro para a estação de aquecimento, sendo 8 meses e de forma a ter uma duração da estação equivalente à metodologia seguida pelo REH, efectou-se a respectiva ponderação de forma a se obter os 6,3 meses. Os valores obtidos para os ganhos térmicos foram os seguintes:

Quadro 19 – Ganhos térmicos estação de aquecimento – Moradia 1

Designação	Qg,i - REH - [kWh]	Qg,i - Design Builder - [kWh]	Variação REH/ Design Builder - [%]
Inércia forte - situação inicial	11971,30	15889,51	-25%
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	12652,92	13743,70	-8%
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	10918,76	16983,83	-36%
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	10759,24	20287,89	-47%
Inércia média - situação inicial	11971,30	17800,87	-33%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	12652,92	13743,70	-8%
Inércia média - 180° (2ª rotação)	10918,76	16983,83	-36%
Inércia média - 270° (3ª rotação)	10759,24	20287,89	-47%
Inércia fraca - situação inicial	11971,30	17800,87	-33%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	12652,92	13743,70	-8%
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	10918,76	16983,83	-36%
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	10759,24	20287,89	-47%

Pelos valores obtidos podemos concluir que existe uma diferença entre os métodos de cálculo. Podemos também observar que a diferença obtida se mantém nas situações em estudo com a variação da inércia térmica, excepção para a inércia forte, pelo que será correcto concluir que os pressupostos de cálculo estão correctos quer no cálculo dinâmico, quer no cálculo estático do REH na estação de aquecimento. A variação obtida poderá ter origem em vários factores, entre eles, as opções que foram desactivadas na tentativa de aproximar o cálculo dinâmico para o cálculo das habitações em estudo. Para mostrar a variação dos valores dos ganhos térmicos expressos no quadro 19, a figura seguinte mostra graficamente os valores obtidos para a moradia 1 pelos dois métodos de cálculo.

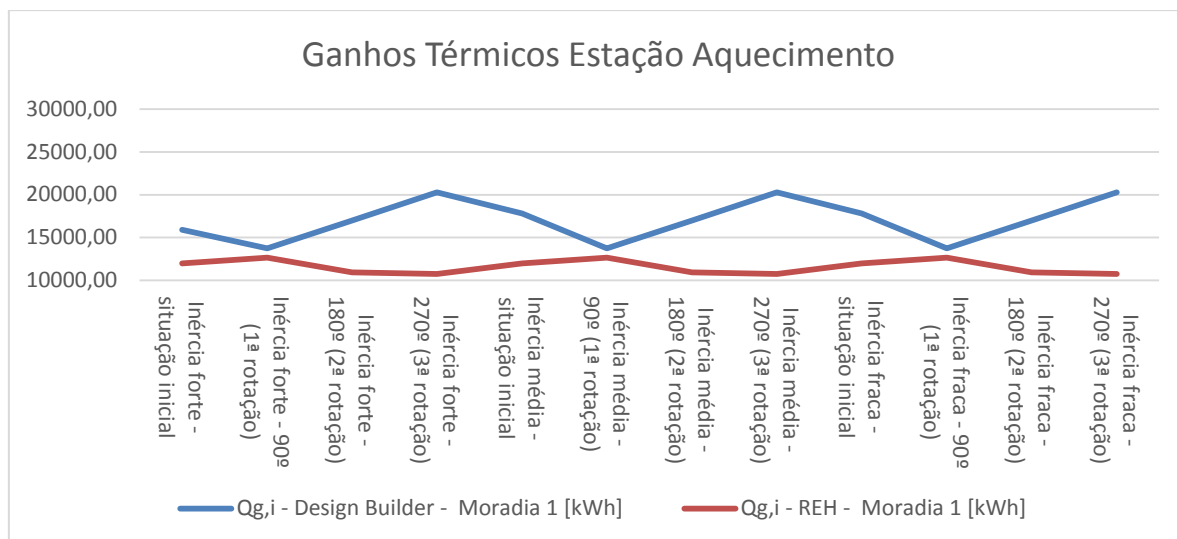


Figura 5 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento – Moradia 1

Calculou-se também o balanço energético obtido pelos dois métodos de cálculo, no Design Builder somaram-se os ganhos internos aos valores obtidos para as perdas nas envolventes, nas folhas de cálculo do REH na estação de aquecimento é obtido o valor das necessidades anuais na estação de aquecimento, foram estes valores que comparámos.

Quadro 20 – Balanço energético na estação de aquecimento – Moradia 1

Designação	Balanço Energético - REH - [kWh]	Balanço Energético - Design Builder - [kWh]	Variação REH/ Design Builder - [%]
Inércia forte - situação inicial	10618,84	11518,19	-8%
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	10050,58	11701,06	-14%
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	11529,99	9847,40	17%
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	11671,39	8040,57	45%
Inércia média - situação inicial	11432,76	9633,63	19%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	10963,63	11857,04	-8%
Inércia média - 180° (2ª rotação)	12193,41	9938,11	23%
Inércia média - 270° (3ª rotação)	12312,53	8122,52	52%
Inércia fraca - situação inicial	12398,06	9608,39	29%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	12005,58	11780,84	2%
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	13036,23	9912,75	32%
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	10050,58	8100,73	24%

Os valores do balanço energético expressos no quadro 20 estão representados graficamente na figura seguinte.

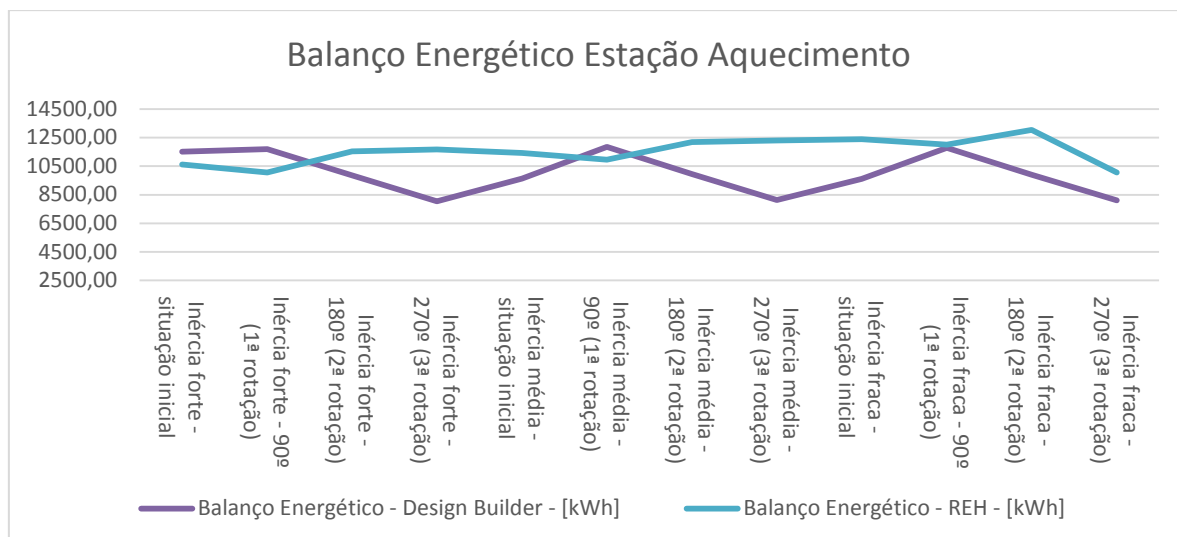


Figura 6 – Balanço energético na estação de aquecimento – Moradia 1

Observa-se também uma variação nos valores obtidos para o balanço energético, mas também podemos observar na figura que as linhas representadas graficamente pelos dois métodos de cálculo não têm um andamento muito diferente. Mantém-se as mesmas observações feitas para as variações dos valores obtidos.

Para a estação de arrefecimento foi também feito o cálculo dos ganhos térmicos, no caso de estudo pelo REH temos uma duração de 4 meses e os ganhos internos são calculados de acordo com a equação 9. No Design Builder consideraram-se os meses de Junho a Setembro, de acordo com a equação 9 foi também feita a divisão por 1000 dos valores dos ganhos internos nos meses considerados, desta forma temos a mesma grandeza dos valores nos dois métodos de cálculo. Os valores obtidos estão expressos na tabela seguinte.

Quadro 21 – Ganhos térmicos estação de arrefecimento – Moradia 1

Designação	Qg,v - REH - [kWh]	Qg,v - Design Builder [kWh]	Variação REH/ Design Builder - [%]
Inércia forte - situação inicial	7648,08	8908,51	-14%
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	6953,68	6906,75	1%
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	7752,94	9482,52	-18%
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	7606,12	8785,09	-13%
Inércia média - situação inicial	7648,08	8910,20	-14%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	6953,68	6906,75	1%
Inércia média - 180° (2ª rotação)	7752,94	9482,52	-18%
Inércia média - 270° (3ª rotação)	7606,12	8785,09	-13%
Inércia fraca - situação inicial	7648,08	8910,20	-14%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	6953,68	6906,75	1%
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	7752,94	9482,52	-18%
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	7606,12	8785,09	-13%

Observa-se também uma diferença entre os métodos de cálculo e também podemos observar que a diferença obtida se mantém nas situações em estudo com a variação da inércia térmica, pelo que podemos concluir que os pressupostos de cálculo também estão correctos na estação de arrefecimento quer no cálculo dinâmico quer no cálculo estático do REH. Os mesmos factores escritos para a variação obtida nos valores da estação de arrefecimento devem continuar a ser considerados também na estação de arrefecimento. Para mostrar a variação dos valores dos ganhos térmicos expressos no quadro 21, a figura seguinte mostra graficamente os valores obtidos para a moradia 1 pelos dois métodos de cálculo.

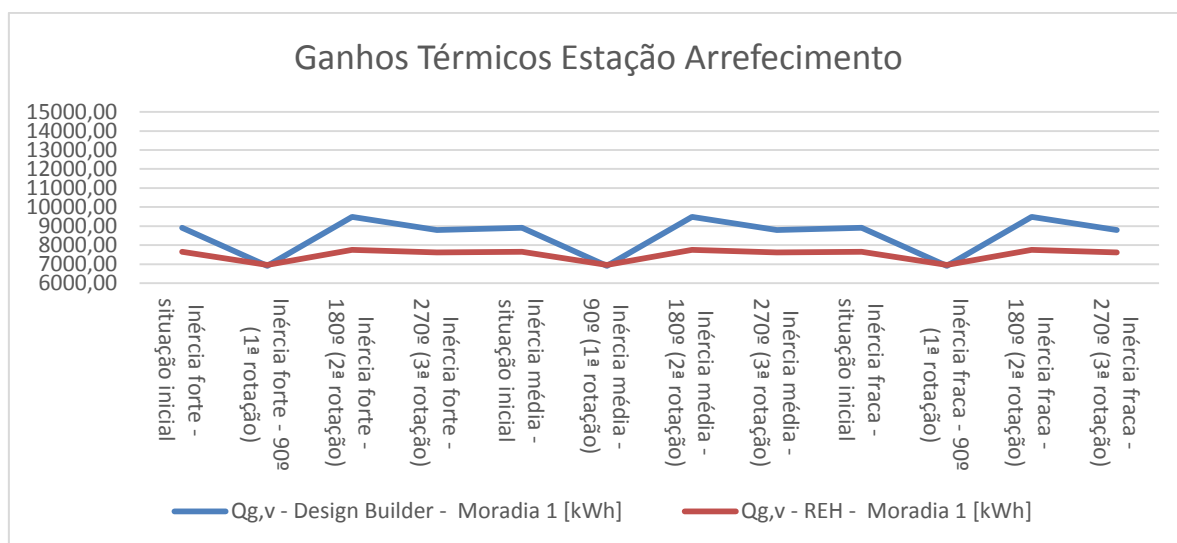


Figura 7 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento – Moradia 1

Observa-se também uma variação nos valores obtidos para o balanço energético, na estação de arrefecimento a diferença foi inferior à obtida na estação de aquecimento mas também podemos observar na figura que as linhas representadas graficamente pelos dois métodos de cálculo não têm um andamento muito diferente. Mantém-se as mesmas observações feitas para as variações dos valores obtidos.

Os valores obtidos para o balanço energético na estação de arrefecimento foram os seguintes:

Quadro 22 – Balanço energético na estação de arrefecimento – Moradia 1

Designação	Balanço Energético - REH - [kWh]	Balanço Energético - Design Builder - [kWh]	Variação REH / Design Builder - [%]
Inércia forte - situação inicial	988,30	3108,46	-68%
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	703,38	1368,08	-49%
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	1035,04	3575,35	-71%
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	970,49	2799,83	-65%
Inércia média - situação inicial	1669,43	3394,03	-51%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	1313,28	1667,63	-21%
Inércia média - 180° (2ª rotação)	1727,30	3843,59	-55%
Inércia média - 270° (3ª rotação)	1647,17	3077,79	-46%
Inércia fraca - situação inicial	2317,16	3374,16	-31%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	1909,82	1653,92	15%
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	2379,49	3816,86	-38%
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	2290,45	3062,76	-25%

Os valores do balanço energético expressos no quadro 22 estão representados graficamente na figura seguinte.

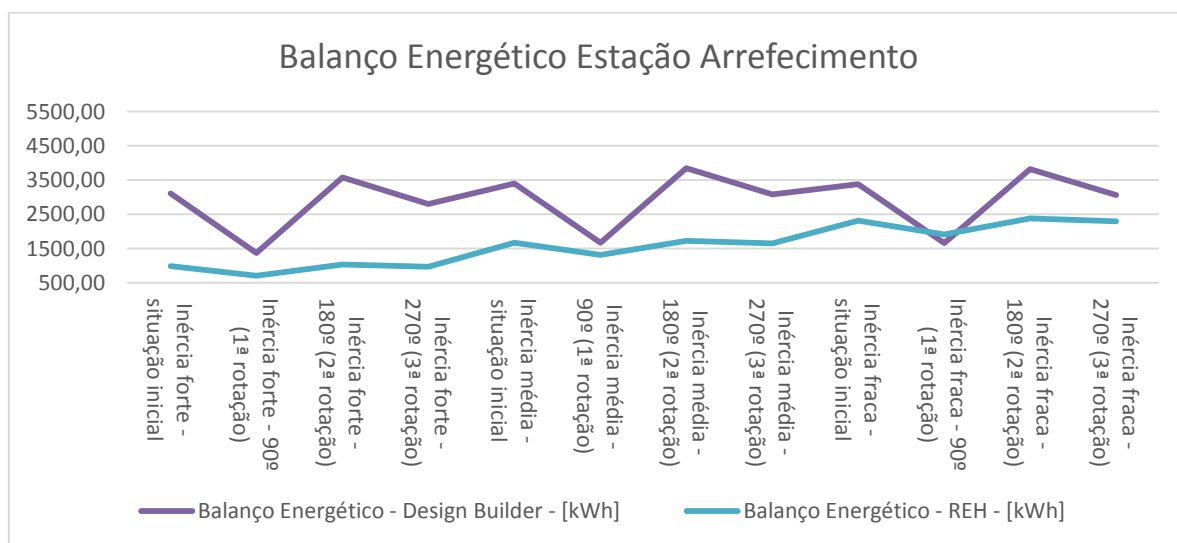


Figura 8 – Balanço energético na estação de arrefecimento – Moradia 1

Como observado na estação de aquecimento, existe também uma variação nos valores obtidos para o balanço energético na estação de arrefecimento, de igual forma também se observa na figura que as linhas representadas graficamente pelos dois métodos de cálculo seguem o mesmo padrão nos diferentes casos de estudo.

5.2. Valores da simulação dinâmica da moradia 2

Repetindo os procedimentos da moradia 1, os valores obtidos para a moradia 2 foram os seguintes.

Quadro 23 – Resultados Design Builder – Moradia 2 (situação inicial)

	Moradia 2 - Situação inicial - Inércia Forte			Moradia 2 - Situação inicial - Inércia Média			Moradia 2 - Situação inicial - Inércia Fraca		
Envoltante - Mês	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh
Janeiro	-1252,97	-862,13	-625,49	-1253,33	-843,60	-624,45	-1248,74	-854,22	-629,36
Fevereiro	-1145,47	-790,70	-496,26	-1158,95	-761,91	-501,82	-1149,87	-783,19	-504,53
Março	-1309,90	-847,09	-401,73	-1325,11	-833,76	-407,92	-1307,60	-852,56	-407,06
Abril	-1246,50	-750,38	-236,95	-1265,74	-704,81	-246,10	-1248,39	-715,37	-244,28
Maio	-1318,16	-799,91	-142,55	-1340,56	-761,75	-152,85	-1327,10	-774,84	-150,71
Junho	-1347,38	-841,25	-37,76	-1369,73	-774,33	-50,84	-1354,18	-795,13	-48,17
Julho	-1464,31	-816,68	-61,81	-1468,59	-830,23	-64,19	-1450,20	-835,78	-59,62
Agosto	-1405,25	-780,22	-116,94	-1405,16	-811,52	-115,35	-1387,52	-799,64	-112,09
Setembro	-1132,98	-791,12	-214,82	-1138,61	-757,33	-218,75	-1121,79	-757,65	-217,66
Outubro	-1286,94	-723,50	-450,06	-1260,97	-817,75	-436,10	-1229,84	-819,94	-429,68
Novembro	-1008,53	-748,71	-497,07	-1017,21	-728,03	-500,21	-1010,85	-741,60	-502,52
Dezembro	-1178,92	-705,64	-598,12	-1166,76	-765,47	-589,07	-1155,70	-773,58	-589,37

Quadro 24 – Resultados Design Builder – Moradia 2 (1.ª Rotação)

	Moradia 2 - 1ª rotação - Inércia Forte			Moradia 2 - 1ª rotação - Inércia Média			Moradia 2 - 1ª rotação - Inércia Fraca		
Envoltante - Mês	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh
Janeiro	-1194,69	-749,82	-532,24	-1190,63	-736,00	-529,87	-1189,36	-742,01	-533,21
Fevereiro	-1082,19	-687,44	-404,20	-1095,25	-660,30	-409,94	-1093,63	-679,63	-411,41
Março	-1279,76	-794,67	-337,35	-1298,84	-778,61	-345,71	-1292,45	-800,20	-344,51
Abril	-1278,51	-763,79	-229,63	-1298,11	-716,39	-239,53	-1284,27	-729,52	-236,61
Maio	-1354,20	-836,85	-145,75	-1375,72	-802,18	-156,05	-1361,75	-820,41	-153,00
Junho	-1357,16	-880,60	-29,71	-1378,39	-817,38	-42,57	-1363,10	-840,39	-39,40
Julho	-1481,05	-866,24	-54,26	-1485,94	-877,06	-57,16	-1467,90	-889,30	-51,89
Agosto	-1459,33	-829,70	-118,07	-1460,09	-859,60	-116,92	-1442,82	-858,24	-112,27
Setembro	-1166,18	-784,63	-180,36	-1170,03	-750,53	-184,07	-1158,52	-755,99	-181,18
Outubro	-1270,11	-670,92	-378,04	-1243,70	-770,42	-364,20	-1220,63	-777,07	-356,12
Novembro	-969,55	-664,18	-409,12	-976,99	-645,22	-412,40	-976,74	-661,25	-414,89
Dezembro	-1134,76	-621,14	-526,96	-1121,82	-684,35	-518,06	-1115,89	-689,71	-517,66

Quadro 25 – Resultados Design Builder – Moradia 2 (2.ª Rotação)

	Moradia 2 - 2ª rotação - Inércia Forte			Moradia 2 - 2ª rotação - Inércia Média			Moradia 2 - 2ª rotação - Inércia Fraca		
	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh
Envolvente - Mês									
Janeiro	-1128,53	-639,35	-473,43	-1121,02	-627,69	-469,55	-1122,07	-628,54	-470,25
Fevereiro	-1030,17	-592,58	-351,82	-1039,75	-565,52	-356,14	-1041,12	-580,16	-356,44
Março	-1221,17	-700,61	-281,83	-1241,99	-680,08	-291,19	-1239,20	-694,80	-290,44
Abril	-1264,62	-698,57	-203,06	-1286,20	-648,03	-213,52	-1273,12	-654,66	-209,81
Maio	-1380,12	-823,35	-169,58	-1403,77	-787,75	-180,68	-1390,26	-799,45	-177,39
Junho	-1411,67	-887,91	-79,55	-1434,86	-820,42	-93,23	-1417,96	-840,75	-89,67
Julho	-1540,47	-856,09	-103,94	-1545,44	-870,27	-106,85	-1524,90	-876,52	-100,18
Agosto	-1482,71	-775,09	-121,79	-1483,20	-810,24	-120,41	-1464,88	-796,36	-114,46
Setembro	-1133,11	-671,79	-131,94	-1135,54	-643,21	-134,70	-1123,02	-641,39	-129,95
Outubro	-1165,88	-532,82	-297,13	-1139,74	-633,45	-283,47	-1120,86	-628,53	-274,64
Novembro	-890,15	-530,47	-335,39	-896,67	-518,01	-338,23	-899,72	-532,30	-338,66
Dezembro	-1063,10	-526,23	-470,28	-1049,69	-586,09	-461,47	-1046,09	-582,88	-459,26

Quadro 26 – Resultados Design Builder – Moradia 2 (3.ª Rotação)

	Moradia 2 - 3ª rotação - Inércia Forte			Moradia 2 - 3ª rotação - Inércia Média			Moradia 2 - 3ª rotação - Inércia Fraca		
	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh	Glazing - kWh	Walls - kWh	Roofs - kWh
Envolvente - Mês									
Janeiro	-1164,10	-696,60	-549,99	-1158,50	-682,06	-548,19	-1161,14	-684,29	-552,33
Fevereiro	-1080,43	-665,49	-436,24	-1091,74	-636,78	-441,21	-1089,99	-651,46	-443,95
Março	-1288,05	-780,61	-381,11	-1306,82	-762,31	-389,15	-1294,16	-774,89	-389,13
Abril	-1279,46	-775,32	-269,52	-1300,12	-727,20	-279,07	-1281,40	-735,72	-276,41
Maio	-1349,56	-870,62	-192,26	-1372,49	-834,80	-202,56	-1353,64	-848,17	-197,89
Junho	-1359,49	-931,70	-94,48	-1383,03	-865,10	-107,41	-1361,67	-885,53	-101,18
Julho	-1496,16	-926,69	-129,34	-1503,25	-938,38	-131,61	-1477,34	-946,00	-123,14
Agosto	-1469,12	-865,89	-184,12	-1472,05	-898,42	-182,24	-1446,06	-887,78	-176,32
Setembro	-1154,93	-759,41	-226,12	-1160,25	-728,48	-229,06	-1143,68	-727,10	-227,13
Outubro	-1241,98	-612,49	-398,19	-1216,25	-710,02	-384,64	-1193,16	-706,09	-378,72
Novembro	-937,46	-593,60	-422,50	-945,57	-579,54	-425,23	-946,39	-592,34	-427,26
Dezembro	-1101,62	-567,32	-533,42	-1087,13	-627,29	-524,91	-1084,26	-626,57	-525,86

De igual forma optou-se também por mostrar apenas as duas primeiras situações de estudo das paredes exteriores para mostrar a variação dos valores dos ganhos térmicos.

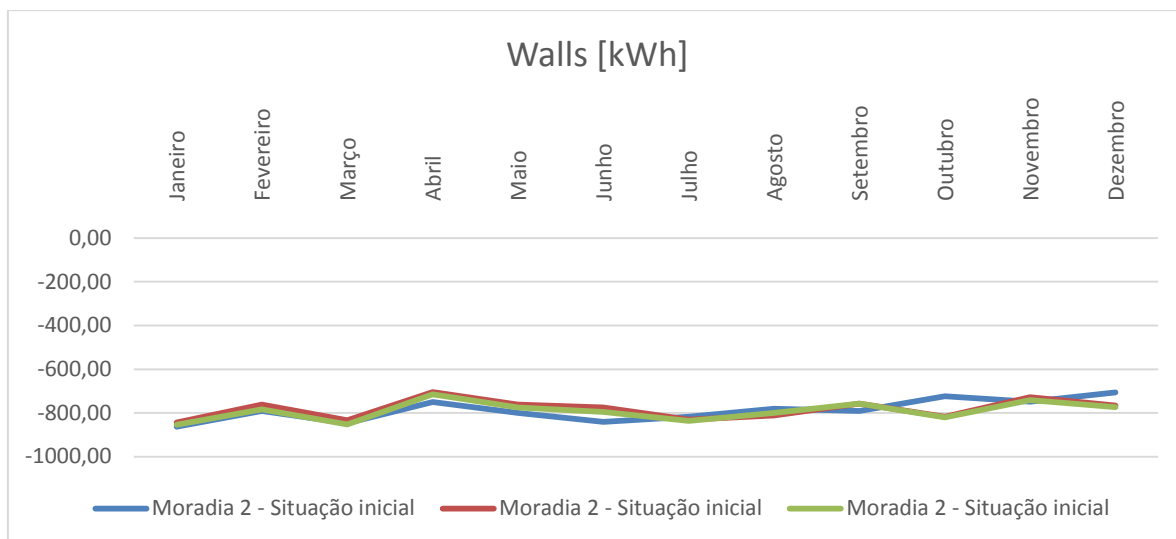


Figura 9 – Variação de valores nas paredes da moradia 2 - situação inicial

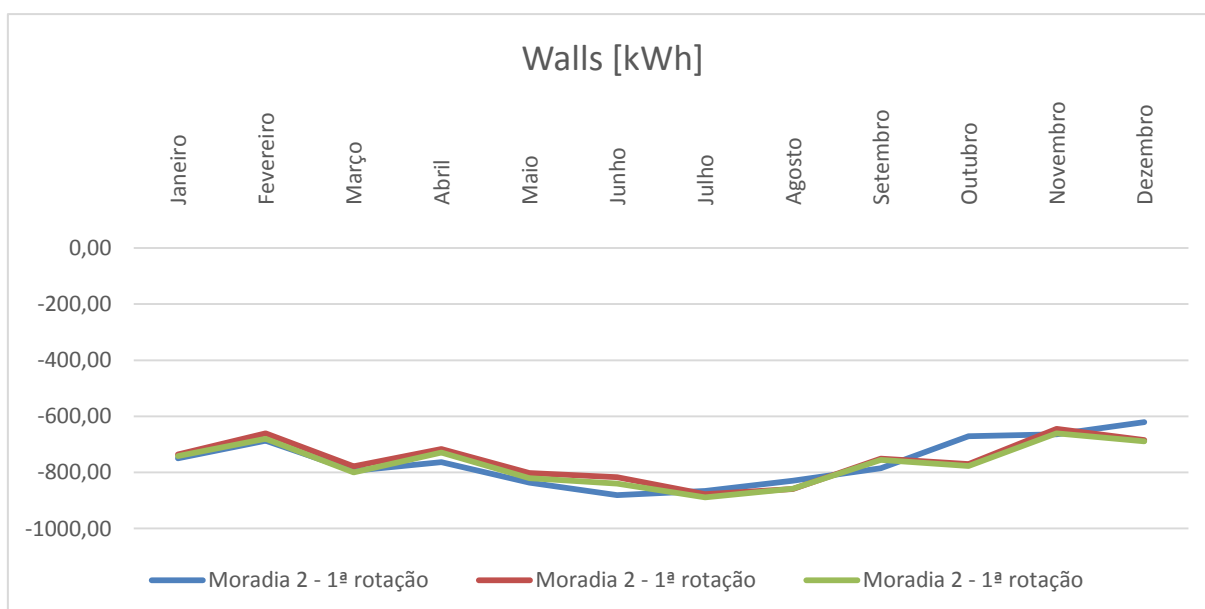


Figura 10 – Variação de valores nas paredes da moradia 2 - 1ª rotação

As figuras mostram a variação que ocorre nas paredes exteriores, observa-se de igual modo à moradia 1 que os valores estão muito próximos nas três classes de inércia.

Seguindo o mesmo procedimento, os valores para os ganhos térmicos e balanço energético para a moradia 2 estão descritos nos quadros e figuras seguintes.

Quadro 27 – Ganhos térmicos estação de aquecimento – Moradia 2

Designação	Qg,i - REH - [kWh]	Qg,i - Design Builder - [kWh]	Variação REH - Design Builder - [%]
Inércia forte - situação inicial	28701,41	26971,84	6%
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	24407,28	25935,32	-6%
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	23287,46	23969,66	-3%
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	26161,48	25400,19	3%
Inércia média - situação inicial	28701,41	17800,87	61%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	24407,28	13743,70	78%
Inércia média - 180° (2ª rotação)	23287,46	16983,83	37%
Inércia média - 270° (3ª rotação)	26161,48	20287,89	29%
Inércia fraca - situação inicial	28701,41	26971,84	6%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	24407,28	25935,32	-6%
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	23287,46	23969,66	-3%
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	26161,48	25400,19	3%

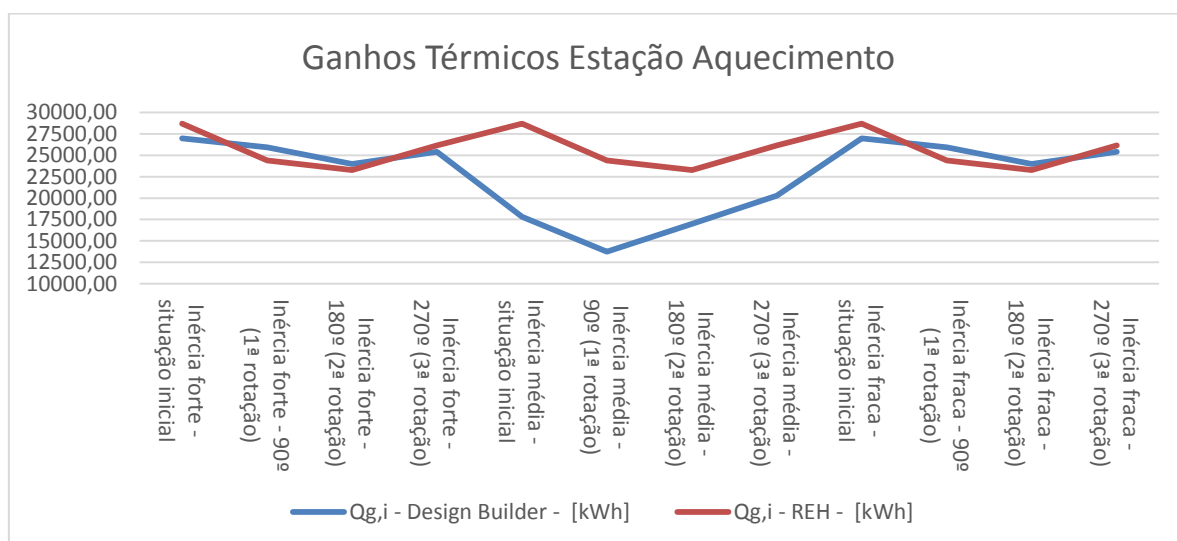


Figura 11 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento – Moradia 2

Na moradia 2 observa-se que os valores estão muito próximos nos dois métodos de cálculo na situação de inércia térmica forte e fraca, existindo uma maior discrepância para o estudo considerando a inércia térmica média. Pelas razões já invocadas para as variações nos valores obtidos uma vez que o procedimento foi igual para as duas moradias podemos tirar as mesmas conclusões. Será correcto concluir que os pressupostos de cálculo estão correctos quer no cálculo dinâmico, quer no cálculo estático do REH na estação de aquecimento.

Os valores para o balanço energético na estação de aquecimento da moradia 2 são os seguintes:

Quadro 28 – Balanço energético na estação de aquecimento – Moradia 2

Designação	Balanço Energético - REH - [kWh]	Balanço Energético - Design Builder - [kWh]	Variação REH / Design Builder - [%]
Inércia forte - situação inicial	8503,82	3227,73	163%
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	10044,85	3351,97	200%
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	9668,69	3304,32	193%
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	8085,68	3180,07	154%
Inércia média - situação inicial	10459,02	3228,61	224%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	11718,30	3357,11	249%
Inércia média - 180° (2ª rotação)	11412,03	3323,40	243%
Inércia média - 270° (3ª rotação)	10114,07	3196,37	216%
Inércia fraca - situação inicial	12352,36	3042,35	306%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	13415,19	3243,86	314%
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	13157,69	3173,61	315%
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	12058,91	3028,03	298%

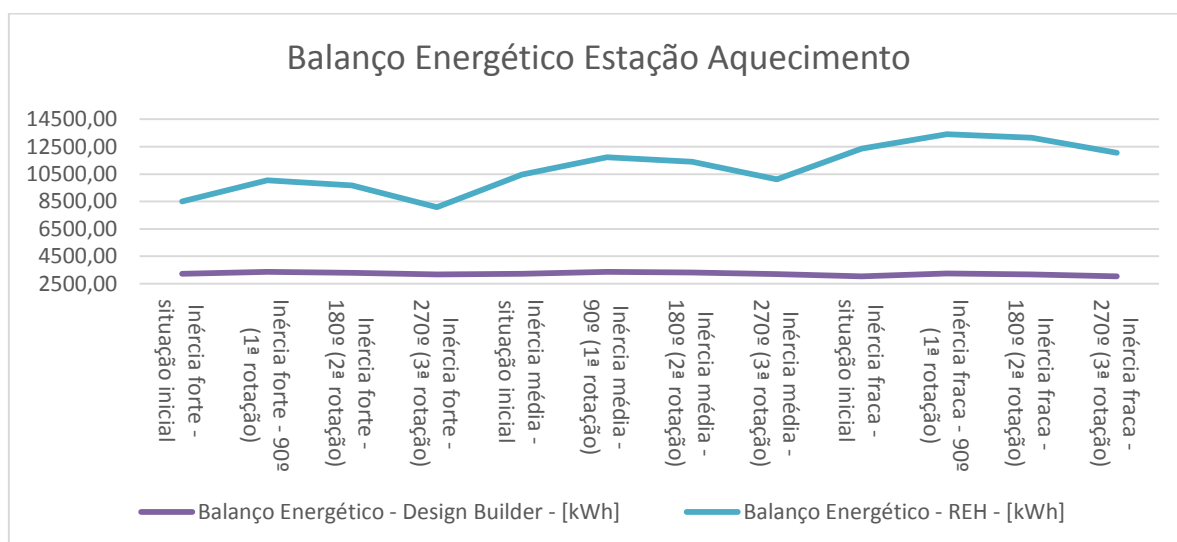


Figura 12 – Balanço energético na estação de aquecimento – Moradia 2

Observa-se em sentido contrários aos ganhos térmicos uma maior variação no balanço energético da moradia 2 na estação de aquecimento.

Para a estação de arrefecimento os valores obtidos foram os seguintes:

Quadro 29 – Ganhos térmicos estação de arrefecimento – Moradia 2

Designação	Qg,v - REH - [kWh]	Qg,v - Design Builder - [kWh]	Variação REH - Design Builder - [%]
Inércia forte - situação inicial	11874,25	13350,18	-11%
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	12312,83	13913,45	-12%
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	13172,01	14051,48	-6%
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	12331,72	14298,30	-14%
Inércia média - situação inicial	11874,25	13350,18	-11%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	12312,83	13913,45	-12%
Inércia média - 180° (2ª rotação)	13172,01	14051,48	-6%
Inércia média - 270° (3ª rotação)	12331,72	14298,30	-14%
Inércia fraca - situação inicial	11874,25	13350,18	-11%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	12312,83	13913,45	-12%
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	13172,01	14051,48	-6%
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	12331,72	14298,30	-14%

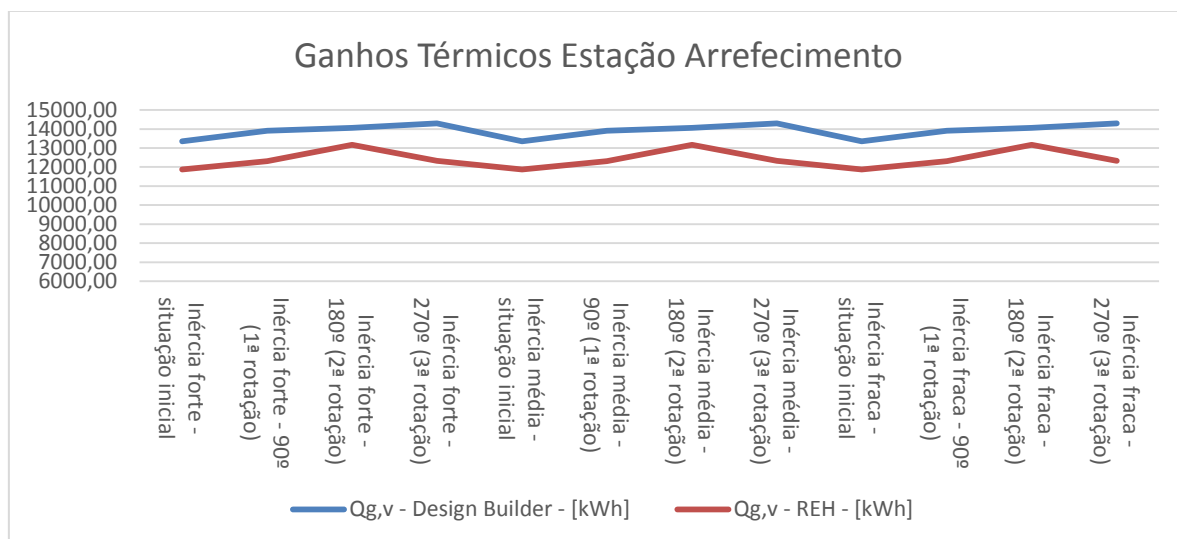


Figura 13 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento – Moradia 2

Como já observado na estação de aquecimento o cálculo da moradia 2, na estação de arrefecimento resultou em valores muito próximos nos dois métodos de cálculo, neste caso mesmo na situação de inércia média os resultados estão muito próximos. Para finalizar a comparação dos dois modelos de cálculo, os valores do balanço energético estão escritos no quadro e figura seguintes.

Quadro 30 – Balanço energético na estação de arrefecimento – Moradia 2

Designação	Balanço Energético - REH - [kWh]	Balanço Energético - Design Builder - [kWh]	Variação REH - Design Builder - [%]
Inércia forte - situação inicial	2553,58	5156,35	-50%
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	2843,76	5010,04	-43%
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	3447,34	5100,07	-32%
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	2855,37	4912,88	-42%
Inércia média - situação inicial	3360,28	5186,57	-35%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	3647,56	5037,70	-28%
Inércia média - 180° (2ª rotação)	4236,63	5142,49	-18%
Inércia média - 270° (3ª rotação)	3659,17	4961,52	-26%
Inércia fraca - situação inicial	4294,66	5057,31	-15%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	4599,35	4950,65	-7%
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	5211,63	4995,94	4%
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	4610,96	4801,55	-4%

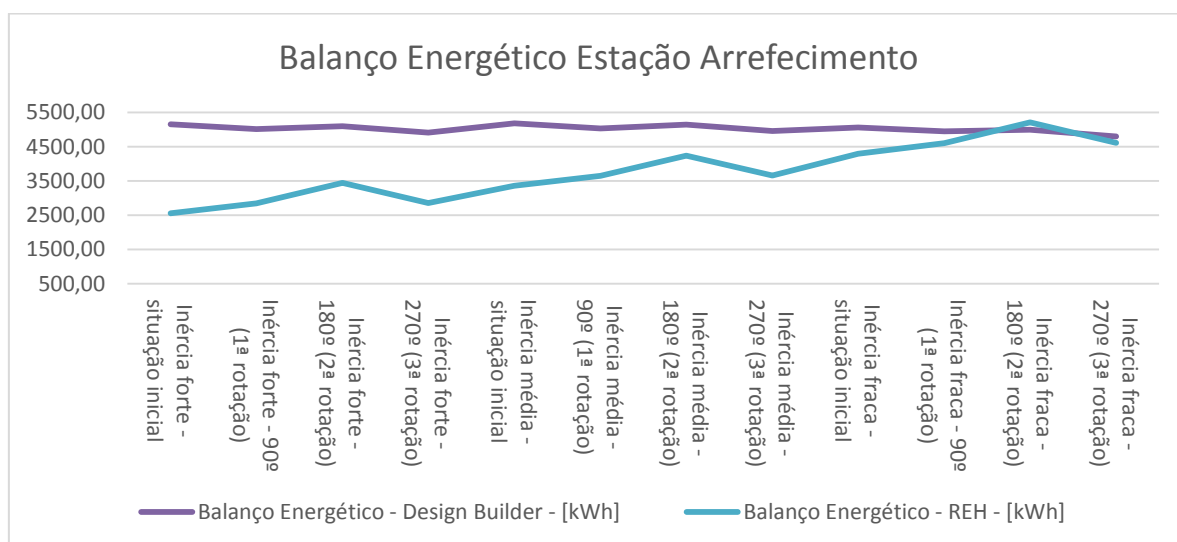


Figura 14 – Balanço energético na estação de arrefecimento – Moradia 2

Com todos os valores já descritos pode-se concluir que mesmo existindo variações nos métodos de cálculo, eles seguem os mesmos pressupostos, validando os conceitos teóricos da inércia térmica e a orientação solar. No seguimento deste trabalho poderá ser realizado um estudo mais pormenorizado na utilização da simulação dinâmica de modo a se tentar obter resultados mais próximos do cálculo estático utilizado pelo REH.

6. CÁLCULO REGULAMENTAR

Conforme referido na secção introdutória deste trabalho o cálculo das moradias foi feito seguindo as folhas fornecidas gratuitamente pelo IteCons, versão 3.06. Este cálculo seguiu todas as medições necessárias no cálculo do estudo do comportamento térmico de edifícios.

As medições foram feitas pelo interior de todas as divisões, não se contabilizando as paredes interiores divisórias. Através da medição de todas as envolventes opacas exteriores e interiores, verticais e horizontais ficamos com todos os elementos opacos. Nestes elementos têm de se distinguir as zonas de pontes térmicas planas, os elementos estruturais que constituem as moradias em estudo, como os pilares e as vigas. Também são contabilizadas as caixas de estore, sendo estes os elementos verticais. Outras perdas térmicas a ter em atenção são as pontes térmicas lineares, o REH introduz três formas possíveis de se contabilizar o coeficiente de transmissão térmica linear, são estas:

- a) De acordo com as normas europeias em vigor, nomeadamente a Norma EN ISO 10211;
- b) Com recurso a catálogos de pontes térmicas para várias geometrias e soluções construtivas típicas, desde que o cálculo tenha sido efectuado de acordo com a Norma Europeia EN ISO 14683 com recurso à metodologia definida na EN ISO 10211;
- c) Com recurso aos valores na Tabela 07. [Despacho n.º 15793-K/2013]

De acordo com o REH, não se contabilizam pontes térmicas lineares em paredes de compartimentação e paredes interiores, separando um espaço útil de um espaço não útil ou de um edifício adjacente, desde que $b_{tr} \leq 0,7$.

Neste trabalho consideraram-se os valores da Tabela 7 do Despacho n.º 15793-K/2013 para a determinação das perdas lineares. O valor do coeficiente de transmissão térmica linear pelo REH é obtido de acordo com a posição do isolamento nas paredes, nas lajes de pavimento na cobertura e também se existe contacto, ou não, do isolamento da parede com as caixilharias.

Os elementos horizontais são os pavimentos, exteriores e interiores e as coberturas, exteriores ou interiores, podendo estas ser planas ou inclinadas.

Outros elementos a serem contabilizados são os vãos opacos e envidraçados. Em relação aos vãos opacos, as portas inseridas na envolvente vertical, não têm requisitos térmicos.

Os vãos envidraçados também inseridos na envolvente vertical têm requisitos térmicos a cumprir, o factor solar máximo admissível depende da zona climática de verão e da classe de inércia térmica.

6.1. Cálculo dos Ganhos Térmicos na Estação de Aquecimento

Para saber o impacto que as classes de inércia têm no conforto interior, o estudo incidirá nos ganhos internos, pela equação (2), $Q_{gu,i} = \eta_i \cdot Q_{g,i} [kWh]$. Os ganhos térmicos úteis variam com o factor de utilização de ganhos térmicos, quer na estação de aquecimento quer na estação de arrefecimento, uma vez que este parâmetro varia com a inércia térmica do edifício em estudo. Para calcular os ganhos térmicos úteis, precisamos primeiro de calcular os ganhos térmicos brutos, já descritos na equação (3), $Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} [kWh]$. Resultando estes no somatório dos ganhos térmicos associados a fontes internas de calor com os ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados. Para este último recorreu-se à folha de cálculo do IteCons, uma vez que o cálculo é feito vão a vão com a contabilização de todas as obstruções, orientação solar e área de cada vão.

Pela equação (4) os ganhos térmicos internos na estação de aquecimento, ou seja, no Inverno, são calculados da seguinte forma:

$$Q_{int,i} = 0,72q_{int} \cdot M \cdot A_p [kWh]$$

Em que:

- q_{int} tem valor fixo de 4 W/m^2 ;
- M tem valor de 6,3 (meses), sendo este o valor em meses da duração da estação de aquecimento (para o projecto em estudo de acordo com a sua zona climática);
- A_p – área útil de pavimento (m^2)

Temos para a moradia 1 uma área de $222,59 \text{ m}^2$ e para a moradia 2 a área útil é $290,18 \text{ m}^2$.

$$Q_{int,i} = 0,72 \times 4 \times 6,3 \times 222,59 = 4038,67 [kWh] \text{ para a moradia 1.}$$

$$Q_{int,i} = 0,72 \times 4 \times 6,3 \times 290,18 = 5265,03 [kWh] \text{ para a moradia 2.}$$

Através da expressão representada acima, podemos concluir que o valor dos ganhos térmicos internos é sempre igual, independentemente da classe de inércia e da orientação solar do edifício em estudo, uma vez que as variáveis são a duração da estação de aquecimento e a área útil de pavimento.

A segunda parcela dos ganhos internos brutos, equação (5), $Q_{sol,i} = G_{sul} \cdot \sum_j [X_j \cdot \sum_n F_{s,i,n_j} \cdot A_{s,i,n_j}] \cdot M [kWh]$, é referente à contribuição da radiação solar que entra pelos vãos envidraçados. Na estação de aquecimento podemos dizer que será o aproveitamento da energia solar que passa nos vãos envidraçados. A expressão é algo complexa e trabalhosa, tornando-se mais trabalhosa quantos mais envidraçados o edifício em estudo tiver. A expressão não depende da inércia térmica do edifício, sendo que a quantidade de energia solar que poderá ser aproveitada para a estação de aquecimento depende da orientação solar do vão envidraçado e das obstruções que existam. Neste trabalho para além de alterarmos a inércia térmica, também vamos

alterar as orientações solares, rodando o edifício em ângulos de 90° segundo a orientação projectada no início do projecto de arquitectura. Irá igualmente ser necessário contabilizar os diferentes valores para cada rotação do edifício.

Para as moradias em estudo os valores dos ganhos térmicos provenientes da radiação solar incidente nos vãos envidraçados foram:

Quadro 31 – Ganhos solares brutos na estação de aquecimento para a moradia 1

Designação	$Q_{sol,i}$ (kWh/ano)
Inércia forte - situação inicial	7932,63
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	8614,25
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	6880,09
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	6720,57
Inércia média - situação inicial	7932,63
Inércia média - 90° (1ª rotação)	8614,25
Inércia média - 180° (2ª rotação)	6880,09
Inércia média - 270° (3ª rotação)	6720,57
Inércia fraca - situação inicial	7932,63
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	8614,25
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	6880,09
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	6720,57

Para uma melhor compreensão dos valores obtidos representados no quadro 23, a figura 27 mostra os valores graficamente.

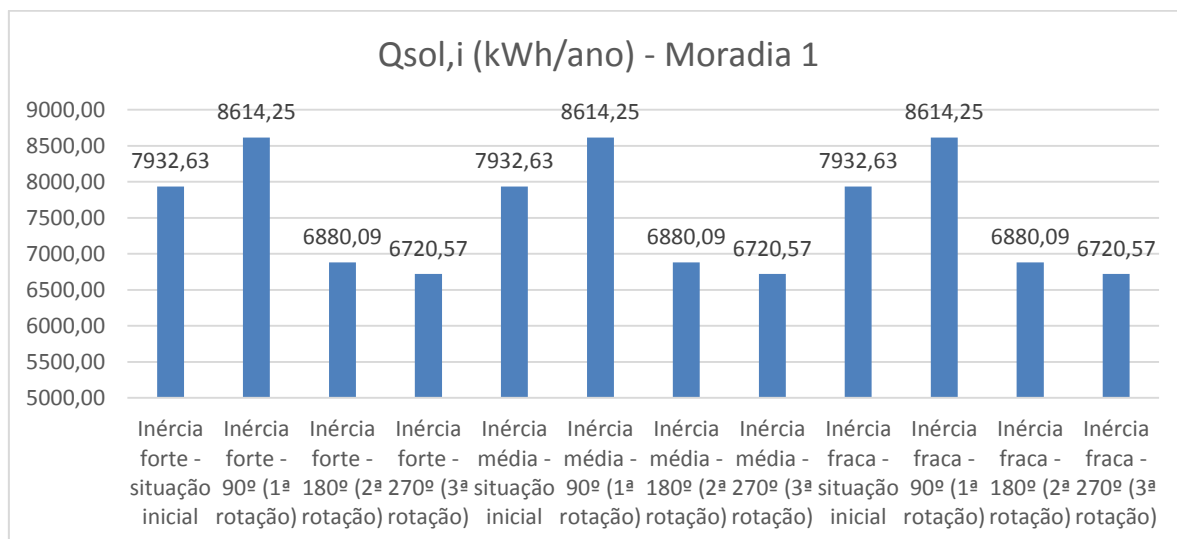


Figura 15 – Ganhos solares brutos na estação de aquecimento da moradia 1

Quadro 32 – Ganhos solares brutos na estação de aquecimento para a moradia 2

Designação	$Q_{sol,i}$ (kWh/ano)
Inércia forte - situação inicial	16873,79
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	14510,71
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	15059,63
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	17575,08
Inércia média - situação inicial	16873,79
Inércia média - 90° (1ª rotação)	14510,71
Inércia média - 180° (2ª rotação)	15059,63
Inércia média - 270° (3ª rotação)	17575,08
Inércia fraca - situação inicial	16873,79
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	14510,71
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	15059,63
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	17575,08

Para uma melhor compreensão dos valores obtidos representados no quadro 24, a figura 28 mostra os valores graficamente.

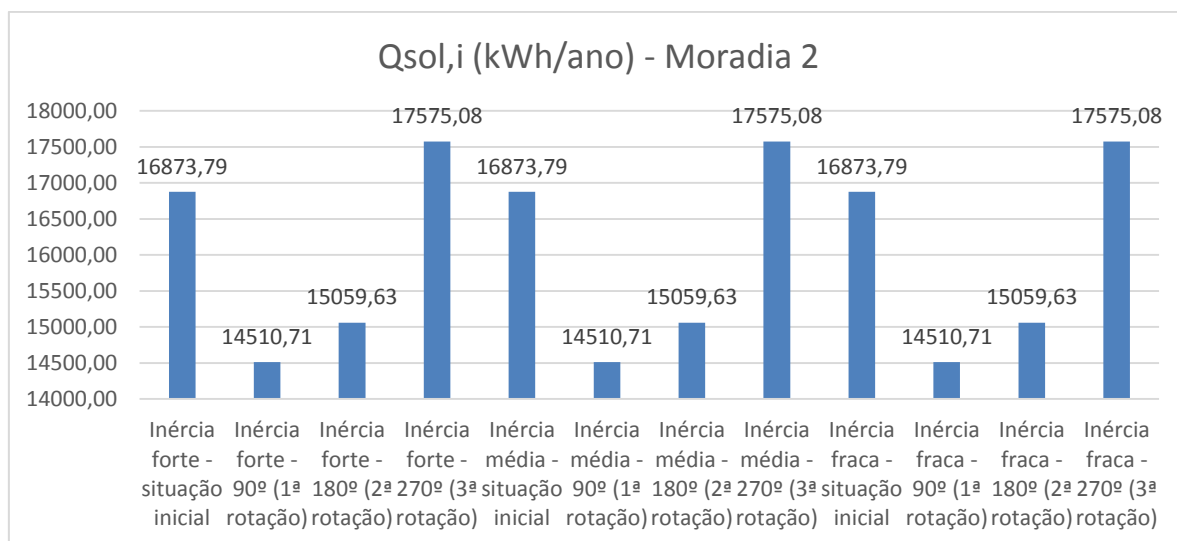


Figura 16 – Ganhos solares brutos na estação de aquecimento da moradia 2

Os valores obtidos dos ganhos solares na estação de aquecimento sofrem a influência da área dos envidraçados, do material que compõe a caixilharia, do tipo de vidro, das obstruções que os envidraçados podem ter e claro da orientação solar dos envidraçados. Nos quadros 3 e 4 estão representados os valores da envolvente vertical opaca e da área dos vãos envidraçados em cada orientação solar. As rotações feitas aos edifícios foram as seguintes:

Quadro 33 – Orientações em estudo na moradia 1

Orientações solares			
Situação inicial	1ª rotação	2ª rotação	3ª rotação
SE	NE	NW	SW
NE	NW	SW	SE
NW	SW	SE	NE
SW	SE	NE	NW
E	N	W	S
S	E	N	W

Quadro 34 – Orientações em estudo na moradia 2

Orientações solares			
Situação inicial	1ª rotação	2ª rotação	3ª rotação
N	W	S	E
W	S	E	N
S	E	N	W
E	N	W	S

Na moradia 1 temos uma maior área de envidraçados nos quadrantes Sudoeste e Noroeste. Considerando a situação inicial, podemos comprovar que na primeira rotação do edifício se obtém o maior valor dos ganhos solares e que nas rotações seguintes voltamos a ter um decréscimo de energia. Estes valores podem ser considerados normais uma vez que na primeira rotação do edifício vamos ter a maior área de envidraçados nos quadrantes Sudoeste e Sudeste. A orientação que maior radiação solar transmite é a orientação Sul, seguida dos dois quadrantes, Sudoeste e Sudeste, sendo por isso aceite que quanto maior for a área de envidraçados nestes quadrantes, maiores serão os ganhos solares pelos envidraçados.

Conforme anteriormente explicado estes valores não dependem da classe de inércia térmica do edifício, por isso os valores se repetem para as três classes de inércia e para as orientações solares em estudo.

Para a moradia 2 podemos constatar que os valores dos ganhos solares variam de acordo com as rotações feitas ao edifício, uma vez que o valor não varia com a classe de inércia do edifício. Na situação inicial temos uma maior área de envidraçados nas orientações Sul e Este, na terceira rotação temos uma maior área de envidraçados nas orientações Oeste e Sul. Mais uma vez a maior área de envidraçados com a orientação Sul revelou-se um dos factores para os ganhos solares serem superiores.

No quadro 2 estão descritos os factores de orientação, onde podemos ver que o maior valor é para a orientação Sul com o valor de 1, logo seguido dos quadrantes Sudoeste e Sudeste com o valor de 0,84.

No quadro 3 temos os valores das áreas das envolventes que compõem a moradia 1 e no quadro 4 os valores das envolventes da moradia 2. Para ter noção da percentagem da maior área de envidraçados em cada orientação solar, recorreu-se aos seguintes quadros para demonstrar a relação entre a envolvente envidraçada e a envolvente opaca para cada moradia em estudo.

Quadro 35 – Relação entre os vãos envidraçados e a envolvente opaca, moradia 1

Situação inicial	A_{env}/A_{opac} (%)	180° (2ª rotação)	A_{env}/A_{opac} (%)
SE	7%	NW	7%
NE	9%	SW	9%
NW	31%	SE	31%
SW	61%	NE	61%
90° (1ª rotação)	A_{env}/A_{opac} (%)	270° (3ª rotação)	A_{env}/A_{opac} (%)
NE	7%	SW	7%
NW	9%	SE	9%
SW	31%	NE	31%
SE	61%	NW	61%

Quadro 36 – Relação entre os vãos envidraçados e a envolvente opaca, moradia 2

Situação inicial	A_{env}/A_{opac} (%)	180° (2ª rotação)	A_{env}/A_{opac} (%)
N	29%	S	29%
W	29%	E	29%
S	84%	N	84%
E	32%	W	32%
90° (1ª rotação)	A_{env}/A_{opac} (%)	270° (3ª rotação)	A_{env}/A_{opac} (%)
W	29%	E	29%
S	29%	N	29%
E	84%	W	84%
N	32%	S	32%

Podemos assim comprovar que os valores obtidos para os ganhos solares estão de acordo com o método de cálculo do REH. Sendo os factores de orientação maiores para os quadrantes Sul, seria de esperar que nestes quadrantes se obtivessem os maiores ganhos solares.

Considerando as duas parcelas necessárias para o cálculo dos ganhos térmicos brutos, os valores obtidos foram os descritos nos quadros seguintes:

Quadro 37 – Ganhos térmicos brutos para a moradia 1

Designação	Q _{g,i} (kWh/ano)
Inércia forte - situação inicial	11971,30
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	12652,92
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	10918,76
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	10759,24
Inércia média - situação inicial	11971,30
Inércia média - 90° (1ª rotação)	12652,92
Inércia média - 180° (2ª rotação)	10918,76
Inércia média - 270° (3ª rotação)	10759,24
Inércia fraca - situação inicial	11971,30
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	12652,92
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	10918,76
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	10759,24

Para uma melhor compreensão dos valores obtidos escritos no quadro 29, a figura 29 representa os valores graficamente.

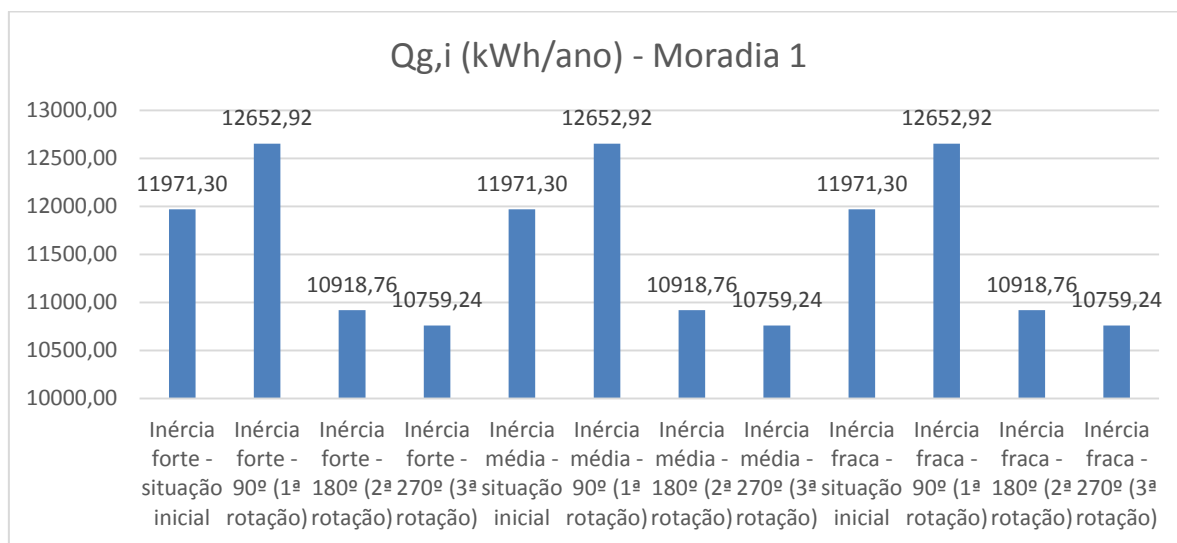


Figura 17 – Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento da moradia 1

Quadro 38 – Ganhos térmicos brutos para a moradia 2

Designação	Q _{g,i} (kWh/ano)
Inércia forte - situação inicial	22138,82
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	19775,74
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	20324,66
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	22840,11
Inércia média - situação inicial	22138,82
Inércia média - 90° (1ª rotação)	19775,74
Inércia média - 180° (2ª rotação)	20324,66
Inércia média - 270° (3ª rotação)	22840,11
Inércia fraca - situação inicial	22138,82
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	19775,74
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	20324,66
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	22840,11

Para uma melhor compreensão dos valores obtidos escritos no quadro 30, a figura 30 representa os valores graficamente.

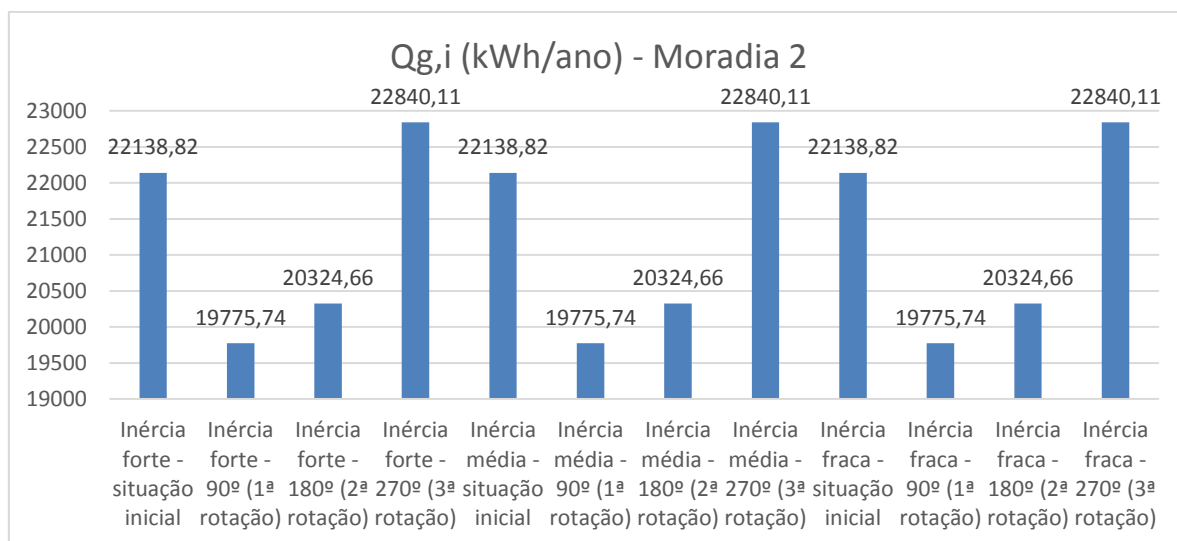


Figura 18 – Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento da moradia 2

Para calcular os ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, precisamos de calcular o factor de utilização dos ganhos térmicos nessa estação. Através da formulação deste cálculo já vamos obter a influência da classe de inércia e também a orientação solar, uma vez que o cálculo dos ganhos solares tem a influência da orientação solar.

O cálculo do factor de utilização de ganhos é feito de acordo com o ponto 5 do Despacho 15793-K/2013.

Tanto na estação de aquecimento como na estação de arrefecimento, os respectivos factores de utilização dos ganhos térmicos (η_i) e (η_v) calculam-se de acordo com as seguintes equações:

a) se $\gamma \neq 1$ e $\gamma > 0$

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$$

b) se $\gamma = 1$

$$\eta = \frac{a}{a + 1}$$

c) se $\gamma < 0$

$$\eta = \frac{1}{\gamma}$$

Em que:

$$\gamma = Q_g / (Q_{tr} + Q_{ve})$$

Q_{tr} – Transferência de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios, na estação em estudo [kWh];

Q_{ve} – Transferência de calor por ventilação na estação em estudo [kWh];

Q_g – Ganhos térmicos brutos na estação em estudo [kWh];

a – Parâmetro que traduz a influência da classe de inércia térmica (descritos no capítulo da inércia térmica).

Com os ganhos térmicos brutos calculados, falta para determinar o valor de γ os valores da transferência de calor por transmissão através da envolvente e a transferência de calor por ventilação para as situações em estudo das duas moradias, As expressões para calcular estes parâmetros são as seguintes:

$$Q_{tr,i} = 0,0024 \times GD \times H_{tr,i} \text{ [kWh]}$$

Equação 14 – Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento

Em que:

GD – Número de graus-dias de aquecimento especificados para cada região NUTS III, [°C.dia]

$H_{tr,i}$ – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento, [W/°C]

$$Q_{ve,i} = 0,0024 \times GD \times H_{ve,i} \text{ [kWh]}$$

Equação 15 – Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento

Onde:

$$H_{ve,i} = 0,34 \times R_{ph,i} \times A_p \times P_d \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

Equação 16 – Coeficiente de transferência de calor por ventilação

Em que:

GD – Número de graus-dias de aquecimento especificados para cada região NUTS III, [°C.dia]

$R_{ph,i}$ – Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento, [h⁻¹]

A_p – Área interior útil de pavimento, medida pelo interior, [m²]

P_d – Pé direito médio da fracção, [m]

$H_{ve,i}$ – Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, [W/°C]

Recorrendo à folha de cálculo do IteCons o valor de $H_{tr,i}$ é 634,47 [W/°C], o valor do número de graus-dias é 1288 [°C.dias], pode-se calcular o valor de $Q_{tr,i}$.

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times 1288 \times 634,47 = 19612,66 \text{ [kWh]}$$

Como já explicado o valor da renovação de ar adoptado para as duas moradias na estação de aquecimento foi o valor mínimo regulamentar, 0,4 h⁻¹.

$$H_{ve,i} = 0,34 \times 0,4 \times 229,59 \times 2,72 = 82,34 \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times 1288 \times 82,34 = 2545,29 \text{ [kWh/ano]}$$

Com os valores obtidos, podemos calcular o factor de utilização de ganhos

$$\gamma_i = \frac{11971,30}{19612,66 + 2545,29} = 0,54$$

$$\eta_i = \frac{1 - 0,54^{4,2}}{1 - 0,54^{4,2+1}} = 0,96$$

O cálculo dos ganhos térmicos úteis será o produto dos ganhos térmicos brutos pelo factor de utilização de ganhos.

$Q_{gu,i} = 0,96 \times 11971,30 = 11492,45 \text{ [kWh/ano]}$ – Valor para inércia forte na situação inicial da moradia 1.

Mantendo a mesma classe de inércia térmica para as restantes rotações do edifício vamos ter os seguintes valores:

1.^a rotação

$$\gamma_i = \frac{12652,93}{19612,66 + 2545,29} = 0,57$$

$$\eta_i = \frac{1 - 0,57^{4,2}}{1 - 0,57^{4,2+1}} = 0,96$$

$Q_{gu,i=0,96} \times 12652,92 = 12146,80$ [kWh/ano] – Valor para inércia forte na situação da 1.^a rotação da moradia 1.

2.^a rotação

$$\gamma_i = \frac{10918,76}{19612,66 + 2545,29} = 0,49$$

$$\eta_i = \frac{1 - 0,49^{4,2}}{1 - 0,49^{4,2+1}} = 0,97$$

$Q_{gu,i=0,97} \times 10918,76 = 10591,20$ [kWh/ano] – Valor para inércia forte na situação da 2.^a rotação da moradia 1.

3.^a rotação

$$\gamma_i = \frac{10759,24}{19612,66 + 2545,29} = 0,49$$

$$\eta_i = \frac{1 - 0,49^{4,2}}{1 - 0,49^{4,2+1}} = 0,97$$

$Q_{gu,i=0,97} \times 10759,26 = 10436,46$ [kWh/ano] – Valor para inércia forte na situação da 3.^a rotação da moradia 1.

Como já vimos anteriormente, os ganhos térmicos brutos são iguais para as três classes de inércia térmica, variando apenas com as rotações impostas nas moradias em estudo. Foi calculado para todas as situações das duas moradias o factor de utilização de ganhos. Nos quadros seguintes estão descritos todos os valores obtidos.

Quadro 39 – Factor de utilização de ganhos e ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento para a moradia 1

Designação	η_i	Q _{gu,i} (kWh/ano)
Inércia forte - situação inicial	0,96	11492,45
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	0,96	12146,80
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	0,97	10591,20
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	0,97	10436,46
Inércia média - situação inicial	0,90	10774,17
Inércia média - 90° (1ª rotação)	0,88	11134,57
Inércia média - 180° (2ª rotação)	0,91	9936,07
Inércia média - 270° (3ª rotação)	0,92	9898,50
Inércia fraca - situação inicial	0,82	9816,47
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	0,80	10122,34
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	0,84	9171,76
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	0,84	9037,76

Quadro 40 – Factor de utilização de ganhos e ganhos térmicos úteis na estação de inverno para a moradia 2

Designação	η_i	Q _{gu,i} (kWh/ano)
Inércia forte - situação inicial	0,89	19703,55
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	0,92	18193,68
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	0,91	18495,44
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	0,88	20099,30
Inércia média - situação inicial	0,80	17711,06
Inércia média - 90° (1ª rotação)	0,84	16611,62
Inércia média - 180° (2ª rotação)	0,83	16869,47
Inércia média - 270° (3ª rotação)	0,79	18043,69
Inércia fraca - situação inicial	0,72	15939,95
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	0,75	14831,81
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	0,74	15040,25
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	0,71	16216,48

Para compreender melhor os valores obtidos e também para se conseguir estabelecer uma relação de comparação entre os mesmos, as figuras seguintes mostram graficamente os valores obtidos para as três classes de inércia e as várias rotações feitas às moradias em estudo.

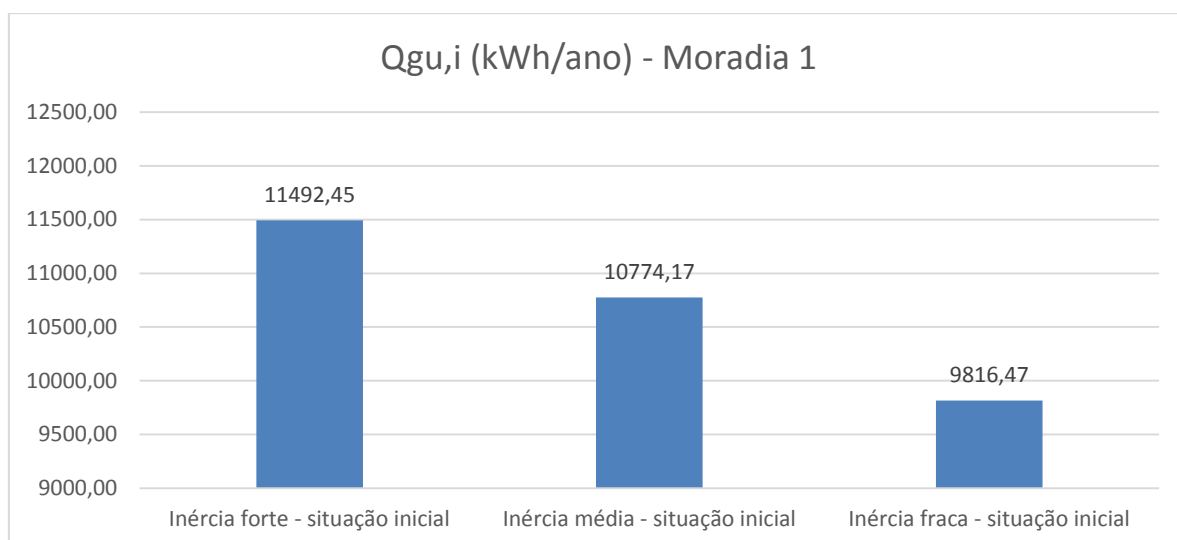


Figura 19 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, Situação Inicial da moradia 1

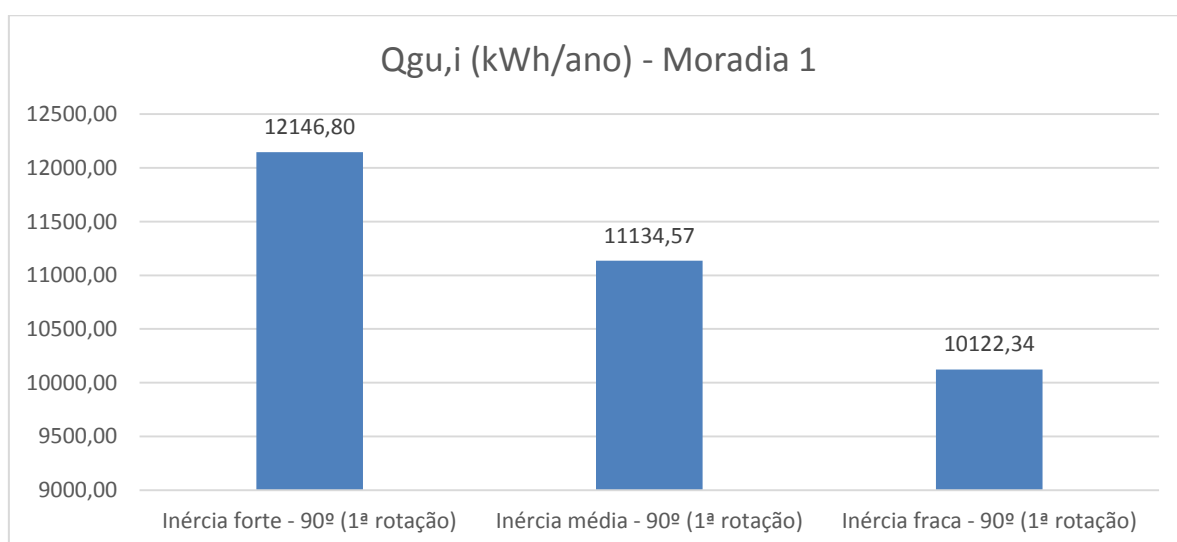


Figura 20 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, 1ª Rotação da moradia 1

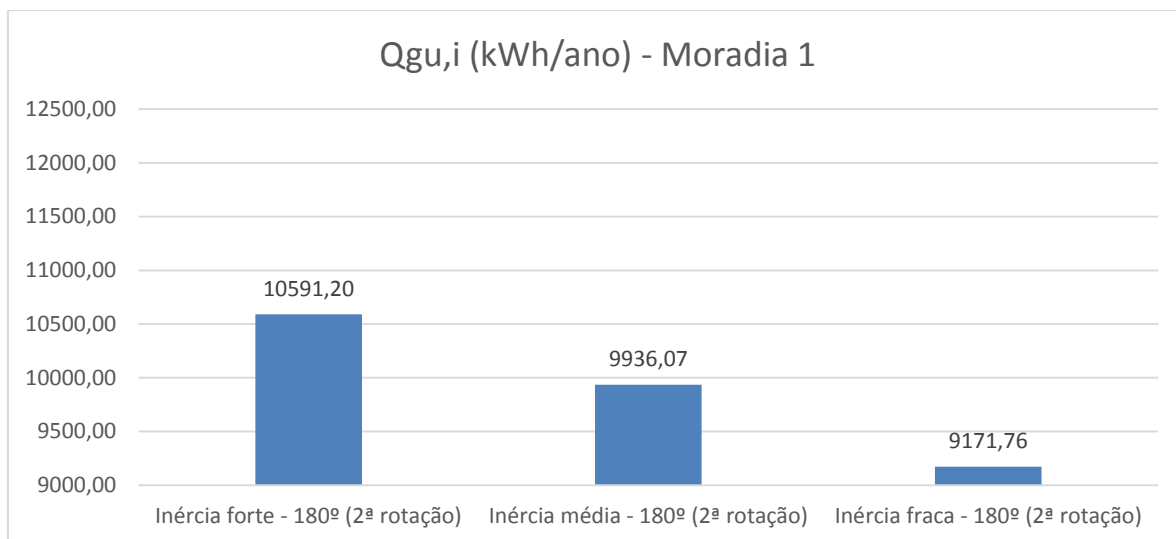


Figura 21 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, 2ª Rotação da moradia 1

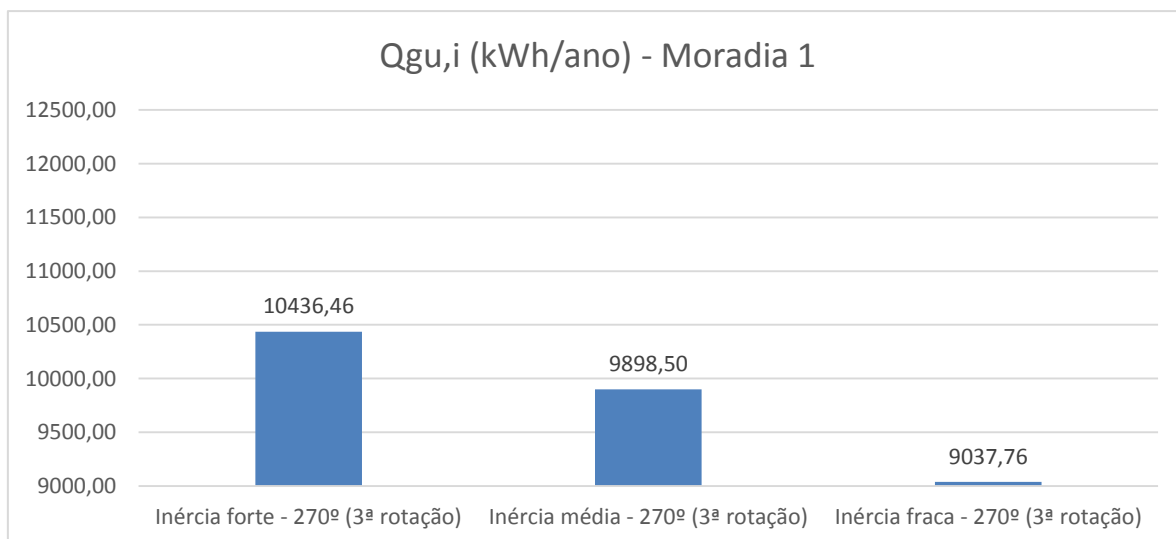


Figura 22 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, 3ª Rotação da moradia 1

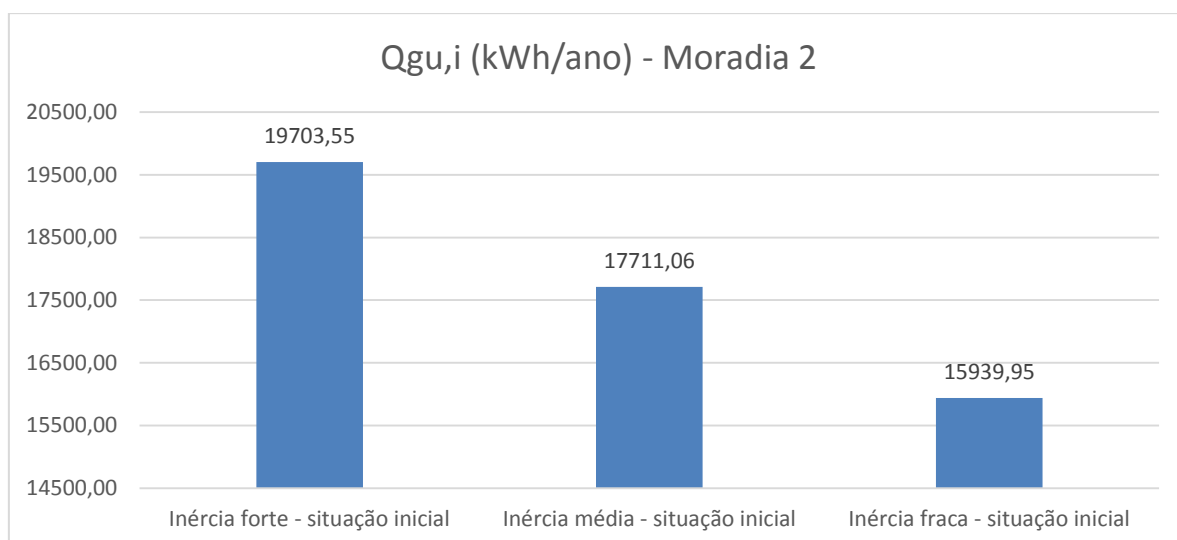


Figura 23 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, Situação Inicial da moradia 2

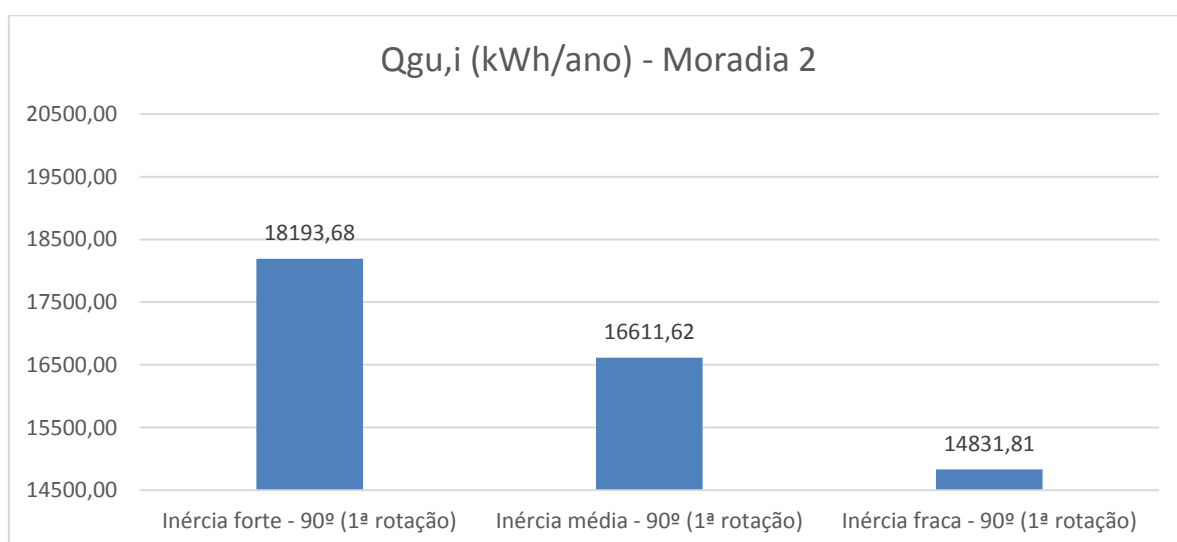


Figura 24 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, 1ª Rotação da moradia 2

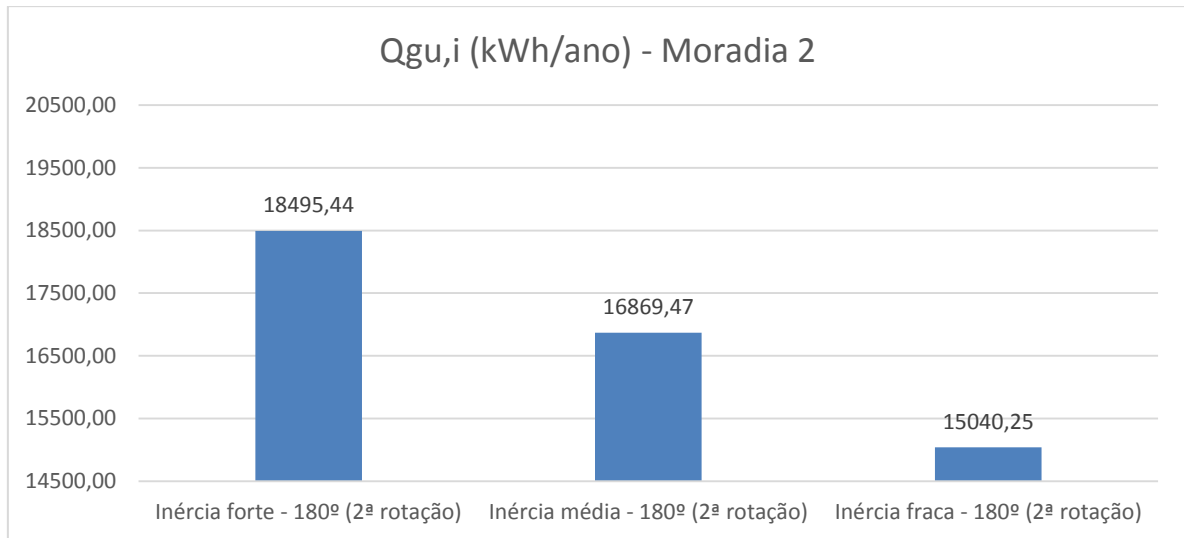


Figura 25 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, 2ª Rotação da moradia 2

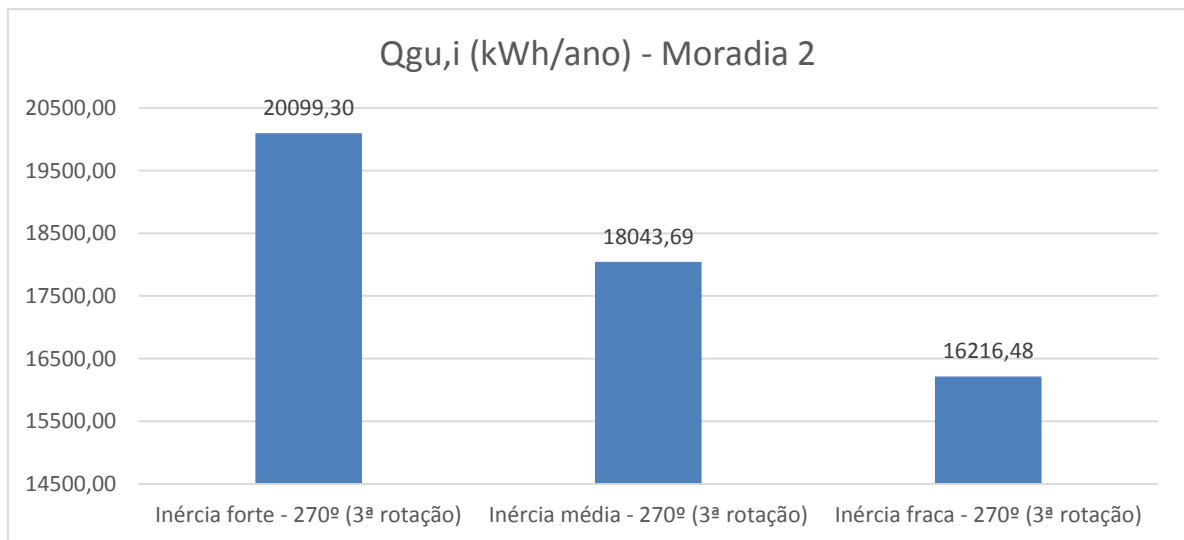


Figura 26 – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, 3ª Rotação da moradia 2

Os valores obtidos mostram que a classe de inércia térmica dos edifícios tem influência nos ganhos térmicos úteis das duas moradias em estudo. Tanto na situação inicial como nas três rotações impostas para efeitos de estudo, os ganhos térmicos úteis diminuíram em função da perda de inércia térmica. Portanto a classe de inércia térmica fraca confere menores ganhos térmicos úteis. Assumindo a situação inicial das moradias, obtivemos para a moradia 1, ganhos térmicos úteis de 11492,45 kWh/ano para a inércia térmica forte, 10774,17 kWh/ano para a inércia térmica média e 9816,47 kWh/ano para a inércia térmica fraca, valores da figura 31, uma vez que se utilizou o mesmo coeficiente de transmissão térmica para as diferentes soluções. De acordo com a figura 51 a perda de ganhos térmicos úteis com a variação da inércia foi de 6% para inércia média e de 15% para inércia fraca.

Para a moradia 2, os valores dos ganhos térmicos úteis são 19703,55 kWh/ano para a inércia térmica forte, 17711,06 kWh/ano para a inércia térmica média e 15939,95 kWh/ano para a inércia térmica fraca, valores da figura 35, valores mais altos que os obtidos para a moradia 1, no entanto as características da moradia 2 assim o faziam prever, mais área útil e também maior área de vãos envidraçados. a relação entre os valores obtidos descritos na figura 55 mostram que a perda de ganhos térmicos úteis com a variação de inércia foram de 10% para inércia média e de 19% para inércia fraca. Apesar das diferenças entre as moradias, podemos dizer que os valores não variaram muito com a variação da inércia térmica estando até bem próximos os valores das duas moradias, sendo a diferença nas duas situações de apenas 4%.

A figura 1, mostra as amplitudes térmicas no interior de um edifício com a variação da inércia térmica. A inércia térmica forte com uma maior capacidade em absorver calor, resulta numa menor amplitude térmica interior, ou seja, a inércia forte contribui na estabilização das temperaturas interiores.

Uma vez que as temperaturas variam ao longo do dia, os fluxos de calor resultantes originam as variações de temperatura no interior dos edifícios. Com o aumento da inércia e o consequente aumento da massa do edifício, as variações de temperatura diminuem, melhorando assim o conforto interior.

6.2. Cálculo dos Ganhos Térmicos na Estação de Arrefecimento

Na estação de arrefecimento o cálculo dos ganhos térmicos difere um pouco do cálculo efectuado para a estação de aquecimento, desde logo na diferença da temperatura média exterior das duas estações, que têm como resultado a necessidade de aquecimento no Inverno e arrefecimento no Verão. Desta forma os ganhos térmicos têm significados diferentes no cálculo do comportamento térmico do edifício em estudo para as duas estações. Será fácil entender que no inverno os ganhos térmicos são úteis para o cálculo, já que se pretende o aquecimento do ar interior e a diminuição das perdas de calor pelas envolventes, resultando desta forma numa menor amplitude térmica interior. Na estação de arrefecimento, como a própria denominação assim o diz, pretende-se o arrefecimento do ar interior, como tal, irá utilizar-se um cálculo complementar ao da estação de aquecimento. Existindo o problema de sobreaquecimento do espaço interior do edifício em estudo, devido aos ganhos térmicos, poderá considerar-se os ganhos úteis que não provocam o sobreaquecimento e os ganhos não úteis como os ganhos que provocam o sobreaquecimento. Sendo assim será necessário o arrefecimento do ar interior para se restabelecer as condições de conforto interior, existindo uma maior temperatura exterior as classes de inércia têm uma maior importância. Como já foi explicado anteriormente a capacidade dos materiais constituintes da envolvente em absorver calor, tem influência no calor que passa para o interior e assim existe influência nos ganhos térmicos.

Para o cálculo na estação de arrefecimento foram tidos em conta os ganhos térmicos internos e os ganhos solares, resultando a soma destes nos ganhos térmicos brutos. Para o cálculo dos ganhos térmicos precisamos de calcular o factor de utilização dos mesmos. Uma vez que é necessário recorrer ao cálculo para a estação de arrefecimento irá utilizar-se o complementar deste valor.

As expressões dos ganhos térmicos internos e dos ganhos solares diferem do cálculo para a estação de aquecimento, os ganhos internos na estação de arrefecimento, equação (9), expressa essa diferença. Como descrito no capítulo 3, o cálculo dos ganhos térmicos internos na estação de arrefecimento é feito da seguinte forma:

$$Q_{int,v} = q_{int} \cdot A_p \cdot L_v / 1000 \text{ [kWh]}$$

Equação 17 – Ganhos térmicos internos na estação de arrefecimento

Em que:

- q_{int} tem valor fixo de 4 W/m²;
- A_p área interior útil;
- L_v duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas.

Temos para a moradia 1 uma área de 222,59 m², para a moradia 2 a área útil é 290,18 m².

$$Q_{int,v} = 4 \times 222,59 \times 2928 / 1000 = 2606,97 \text{ [kWh]}$$

$$Q_{int,v} = 4 \times 222,59 \times 2928 / 1000 = 3398,59 \text{ [kWh]}$$

De igual forma à expressão do cálculo dos ganhos internos na estação de aquecimento a expressão para a estação de arrefecimento não depende da classe de inércia e da orientação solar do edifício em estudo, uma vez que a variável é a área útil de pavimento e esta mantém-se sempre constante independentemente da classe de inércia e da orientação solar, como tal o valor será sempre igual nas condições impostas neste estudo.

Os ganhos solares continuam a ser calculados vão a vão, equação (10), $Q_{sol,v} = \sum_j [G_{sol,j} \sum_n F_{s,v_{nj}} \cdot A_{s,v_{nj}}] \text{ [kWh]}$, sendo que na estação de arrefecimento os ganhos provenientes da radiação solar incidente no edifício em estudo também contabiliza a radiação incidente na envolvente opaca, vertical e horizontal. Sendo este também um cálculo mais moroso, recorreu-se à folha de cálculo do IteCons para a obtenção dos valores dos ganhos solares para a estação de arrefecimento.

Quadro 41 – Ganhos solares na estação de arrefecimento para a moradia 1

Designação	$Q_{sol,v}$ (kWh/ano) - Moradia 1
Inércia forte - situação inicial	5041,11
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	4346,71
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	5145,97
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	4999,15
Inércia média - situação inicial	5041,11
Inércia média - 90° (1ª rotação)	4346,71
Inércia média - 180° (2ª rotação)	5145,97
Inércia média - 270° (3ª rotação)	4999,15
Inércia fraca - situação inicial	5041,11
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	4346,71
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	5145,97
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	4999,15

Para uma melhor compreensão dos valores obtidos escritos no quadro 33, a figura 39 mostra os valores graficamente.

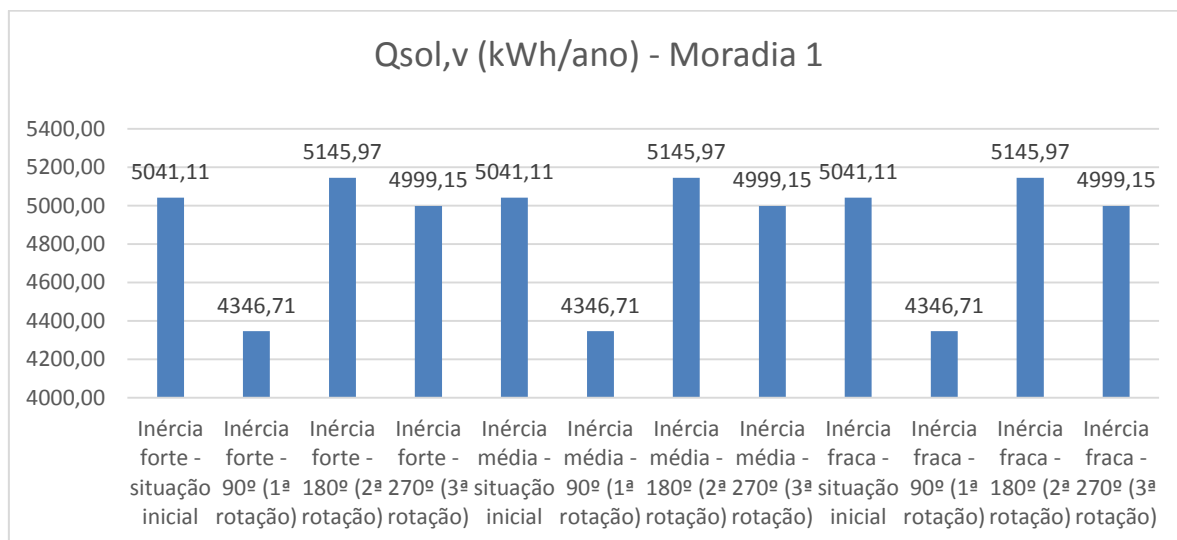


Figura 27 – Ganhos solares na estação de arrefecimento da Moradia 1

Quadro 42 – Ganhos solares na estação de arrefecimento para a Moradia 2

Designação	$Q_{sol,v}$ (kWh/ano) - Moradia 2
Inércia forte - situação inicial	8475,66
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	8914,24
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	9773,42
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	8933,13
Inércia média - situação inicial	8475,66
Inércia média - 90° (1ª rotação)	8914,24
Inércia média - 180° (2ª rotação)	9773,42
Inércia média - 270° (3ª rotação)	8933,13
Inércia fraca - situação inicial	8475,66
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	8914,24
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	9773,42
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	8933,13

Para uma melhor compreensão dos valores obtidos escritos no quadro 34, a figura 40 mostra os valores graficamente.

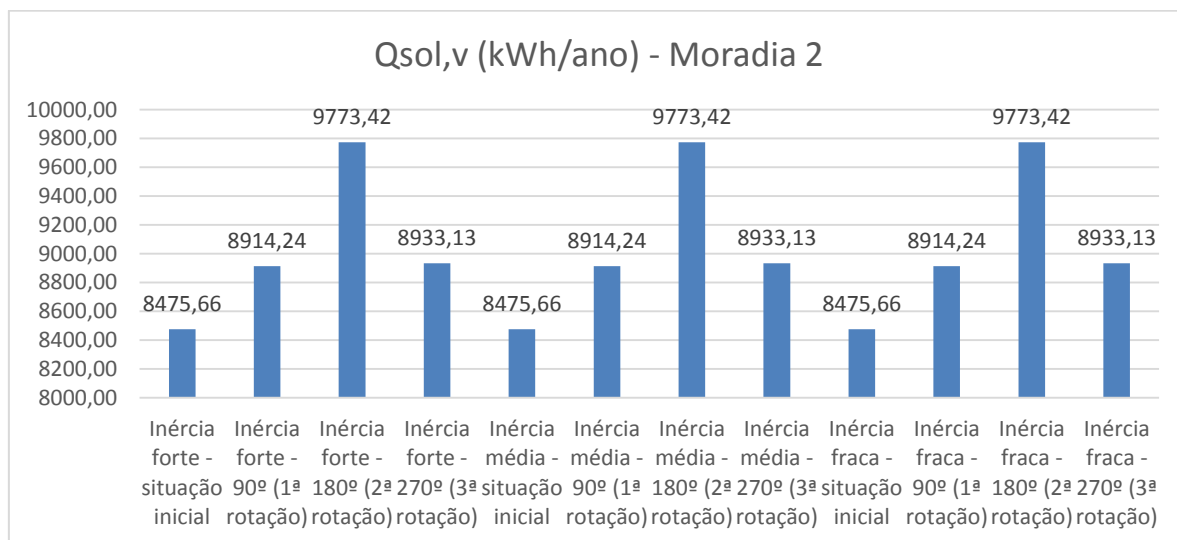


Figura 28 – Ganhos solares na estação de arrefecimento da Moradia 2

Como seria de esperar, os valores dos ganhos solares na estação de arrefecimento não variam com a classe de inércia térmica, a variação da orientação dos vãos envidraçados e das envolventes opacas fazem com que os ganhos solares variem.

Com os ganhos internos e os ganhos solares na estação de arrefecimento, obtém-se da mesma forma os ganhos térmicos brutos, sendo estes a soma dos ganhos térmicos internos e os ganhos solares. Para a estação de arrefecimento os valores obtidos foram os seguintes:

Quadro 43 – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento para a Moradia 1

Designação	Q _{g,v} (kWh/ano) - Moradia 1
Inércia forte - situação inicial	7648,08
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	6953,68
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	7752,94
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	7606,12
Inércia média - situação inicial	7648,08
Inércia média - 90° (1ª rotação)	6953,68
Inércia média - 180° (2ª rotação)	7752,94
Inércia média - 270° (3ª rotação)	7606,12
Inércia fraca - situação inicial	7648,08
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	6953,68
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	7752,94
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	7606,12

Para uma melhor compreensão dos valores obtidos escritos no quadro 35, os valores encontram-se representados no seguinte gráfico.

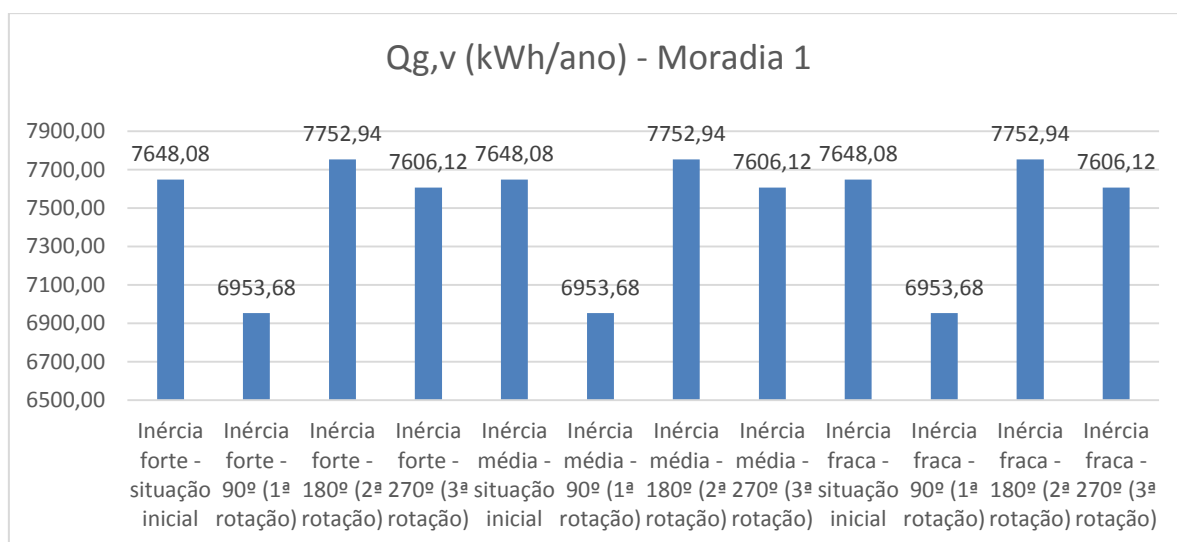


Figura 29 – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento da Moradia 1

Quadro 44 – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento para a Moradia 2

Designação	$Q_{g,v}$ (kWh/ano) - Projecto 2
Inércia forte - situação inicial	11874,25
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	12312,83
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	13172,01
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	12331,72
Inércia média - situação inicial	11874,25
Inércia média - 90° (1ª rotação)	12312,83
Inércia média - 180° (2ª rotação)	13172,01
Inércia média - 270° (3ª rotação)	12331,72
Inércia fraca - situação inicial	11874,25
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	12312,83
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	13172,01
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	12331,72

Para uma melhor compreensão dos valores obtidos escritos no quadro 36, os valores encontram-se representados no seguinte gráfico.

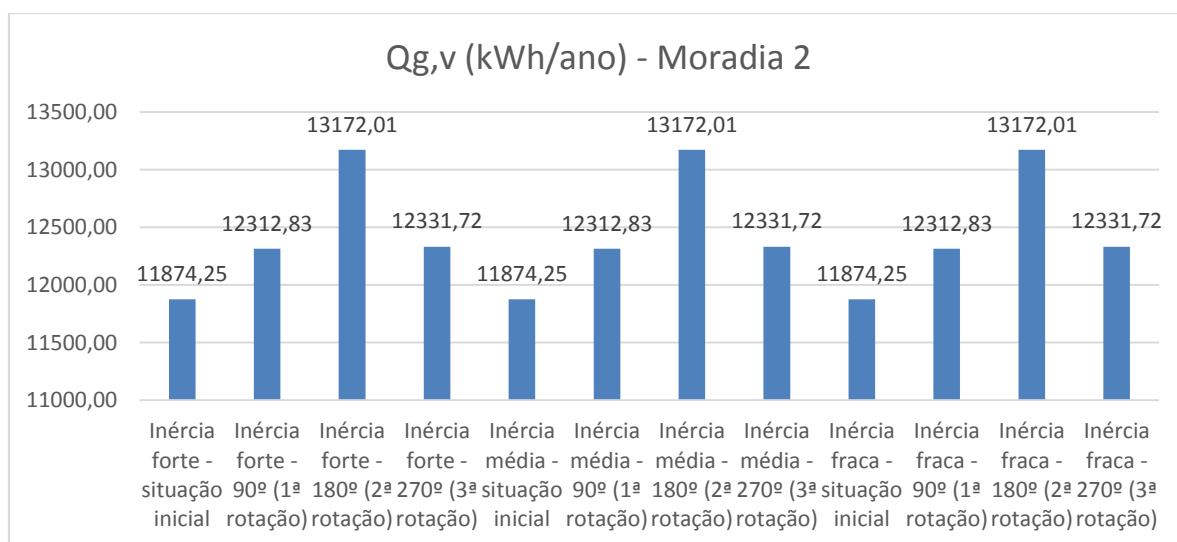


Figura 30 – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento da Moradia 2

Com os ganhos térmicos brutos calculados, o cálculo dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento é obtido de forma complementar à estação de aquecimento, o valor complementar do factor de utilização de ganhos pelos ganhos térmicos brutos. O factor de utilização de ganhos é calculado de forma análoga mas agora com os valores respeitantes à estação de arrefecimento. Como já escrito para a estação de aquecimento, o valor do factor de utilização de ganhos é calculado da seguinte forma:

$$\gamma = Q_g / (Q_{tr} + Q_{ve})$$

Sendo:

Q_{tr} – Transferência de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios, na estação em estudo [kWh];

Q_{ve} – Transferência de calor por ventilação na estação em estudo [kWh];

Q_g – Ganhos térmicos brutos na estação em estudo [kWh];

Sendo o cálculo feito agora para a estação de arrefecimento as equações tomam as seguintes formas:

$$Q_{tr,v} = H_{tr,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times L_v / 1000 \text{ [kWh]}$$

Equação 18 – Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento

Em que:

$H_{tr,v}$ – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento, [W/°C]

$\theta_{v,ref}$ – Temperatura de referência para o cálculo das necessidades de energia na estação de arrefecimento, igual a 25°C

$\theta_{v,ext}$ – Temperatura média do ar exterior para a estação de arrefecimento, [°C]

L_v – Duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas

$$Q_{ve,v} = H_{ve,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times L_v / 1000 \text{ [kWh]}$$

Equação 19 – Transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento

Onde:

$$H_{ve,v} = 0,34 \times R_{ph,v} \times A_p \times P_d \text{ [W/°C]}$$

Equação 20 – Coeficiente de transferência de calor por ventilação

Em que:

$R_{ph,v}$ – Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento, [h⁻¹]

A_p – Área interior útil de pavimento, medida pelo interior, [m²]

P_d – Pé direito médio da fracção, [m]

Recorrendo à folha de calculo do IteCons o valor de $H_{tr,v}$ é 634,47 [W/°C], a estação de arrefecimento tem uma temperatura média do ar exterior de 20,9 °C, podemos desta

forma calcular a transferência de calor por transmissão que ocorre através da envolvente.

$$Q_{tr,v} = 634,47 \times (25 - 20,9) \times 2928 / 1000 = 7616,69 \text{ [kWh]}$$

Como foram adoptados os valores mínimos regulamentares para a renovação do ar interior, o valor para a estação de arrefecimento é de $0,6 \text{ h}^{-1}$.

$$H_{ve,v} = 0,34 \times 0,6 \times 229,59 \times 2,72 = 123,51 \text{ [w/°C]}$$

$$Q_{ve,v} = 123,51 \times (25 - 20,9) \times 2928 / 1000 = 1482,72 \text{ [kWh]}$$

Com os valores obtidos, podemos calcular o factor de utilização de ganhos na estação de arrefecimento.

$$\gamma_i = \frac{7648,08}{7619,69 + 1482,72} = 0,84$$

$$\eta_i = \frac{1 - 0,84^{4,2}}{1 - 0,84^{4,2+1}} = 0,87$$

O cálculo dos ganhos térmicos será o produto dos ganhos térmicos brutos pelo valor complementar do factor de utilização de ganhos.

$Q_{gu,i} = (1 - 0,87) \times 7648,08 = 994,25 \text{ [kWh/ano]}$ – Valor para inércia forte na situação inicial da moradia 1.

Mantendo a mesma classe de inércia térmica para as restantes rotações do edifício iremos obter os seguintes valores:

1.^a rotação

$$\gamma_i = \frac{6953,68}{7619,69 + 1482,72} = 0,76$$

$$\eta_i = \frac{1 - 0,76^{4,2}}{1 - 0,76^{4,2+1}} = 0,90$$

$Q_{gu,i} = (1 - 0,90) \times 6953,68 = 695,37 \text{ [kWh/ano]}$ – Valor para inércia forte na situação da 1.^a rotação da moradia 1.

2.^a rotação

$$\gamma_i = \frac{7752,94}{7619,69 + 1482,72} = 0,85$$

$$\eta_i = \frac{1 - 0,85^{4,2}}{1 - 0,85^{4,2+1}} = 0,87$$

$Q_{gu,i} = (1 - 0,87) \times 7752,94 = 1007,88 \text{ [kWh/ano]}$ – Valor para inércia forte na situação da 2.^a rotação da moradia 1.

3.^a rotação

$$\gamma_i = \frac{7606,12}{7619,69 + 1482,72} = 0,84$$

$$\eta_i = \frac{1 - 0,84^{4,2}}{1 - 0,84^{4,2+1}} = 0,87$$

$Q_{gu,i} = (1-0,87) \times 7606,12 = 988,80$ [kWh/ano] – Valor para inércia forte na situação da 3.^a rotação da moradia 1.

Partindo da mesma forma aplicada à estação de aquecimento, foram calculados os factores de utilização de ganhos para as condições propostas neste trabalho para as duas moradias, dessa forma podem-se obter os ganhos térmicos na estação de arrefecimento.

Os quadros e figuras seguintes mostram os valores obtidos para a estação de arrefecimento.

Quadro 45 – Factor de utilização de ganhos, seu complementar e ganhos térmicos na estação de arrefecimento para a moradia 1

Designação	η_{v}	$(1 - \eta_{v})$	$Q_{gu,v}$ (kWh/ano) - Moradia 1
Inércia forte - situação inicial	0,87	0,13	994,25
Inércia forte - 90° (1. ^a rotação)	0,90	0,10	695,37
Inércia forte - 180° (2. ^a rotação)	0,87	0,13	1007,88
Inércia forte - 270° (3. ^a rotação)	0,87	0,13	988,80
Inércia média - situação inicial	0,78	0,22	1682,58
Inércia média - 90° (1. ^a rotação)	0,81	0,19	1321,20
Inércia média - 180° (2. ^a rotação)	0,78	0,22	1705,65
Inércia média - 270° (3. ^a rotação)	0,78	0,22	1673,35
Inércia fraca - situação inicial	0,70	0,30	2294,42
Inércia fraca - 90° (1. ^a rotação)	0,73	0,27	1877,49
Inércia fraca - 180° (2. ^a rotação)	0,69	0,31	2403,41
Inércia fraca - 270° (3. ^a rotação)	0,70	0,30	2281,84

Quadro 46 – Factor de utilização de ganhos, seu complementar e ganhos térmicos na estação de arrefecimento para a moradia 2

Designação	η_{v}	$(1 - \eta_{v})$	$Q_{gu,v}$ (kWh/ano) - Moradia 2
Inércia forte - situação inicial	0,80	0,20	2374,85
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	0,79	0,21	2585,69
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	0,76	0,24	3161,28
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	0,79	0,21	2589,66
Inércia média - situação inicial	0,72	0,28	3324,79
Inércia média - 90° (1ª rotação)	0,70	0,30	3693,85
Inércia média - 180° (2ª rotação)	0,68	0,32	4215,04
Inércia média - 270° (3ª rotação)	0,70	0,30	3699,52
Inércia fraca - situação inicial	0,64	0,36	4274,73
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	0,63	0,37	4555,75
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	0,60	0,40	5268,80
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	0,63	0,37	4562,74

Para melhor compreender os valores obtidos e também para se conseguir estabelecer uma relação de comparação dos valores, as seguintes figuras mostram graficamente os valores obtidos para as três classes de inércia e as várias rotações feitas aos edifícios.

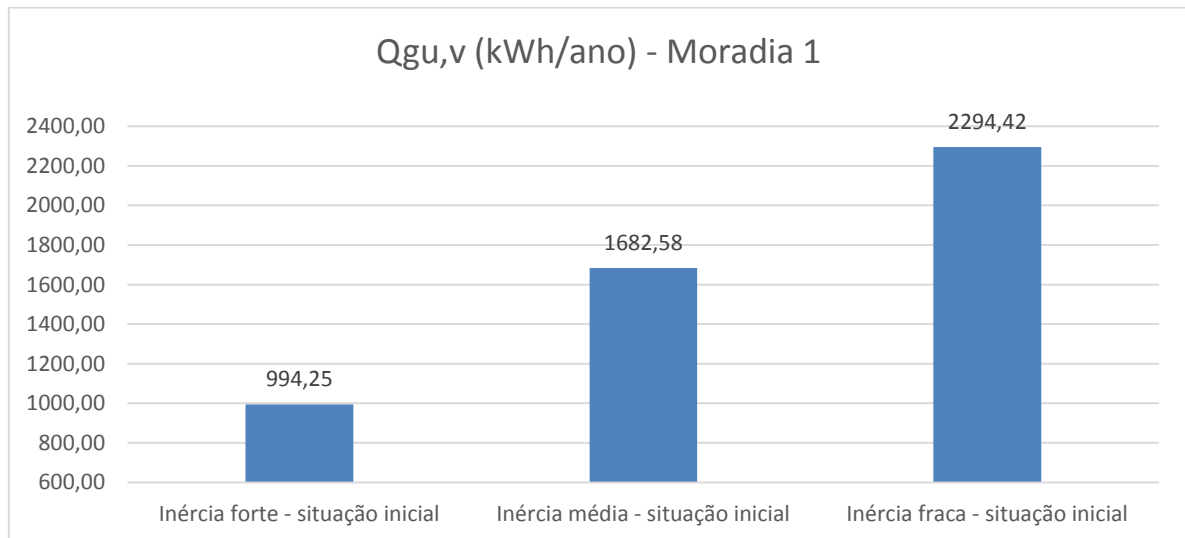


Figura 31 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, Situação Inicial da Moradia 1

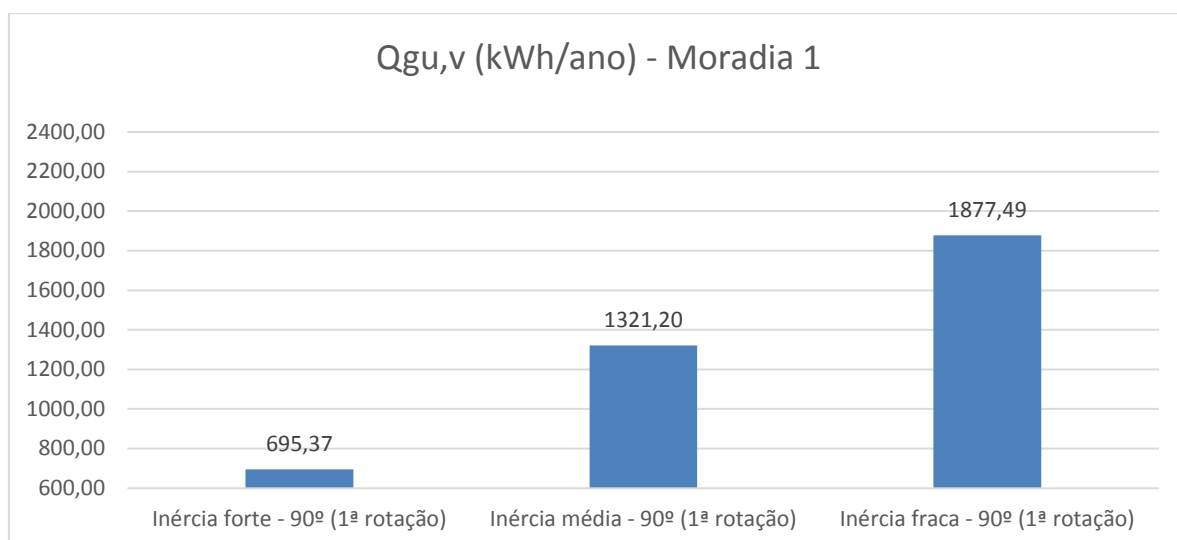


Figura 32 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, 1ª Rotação da Moradia 1

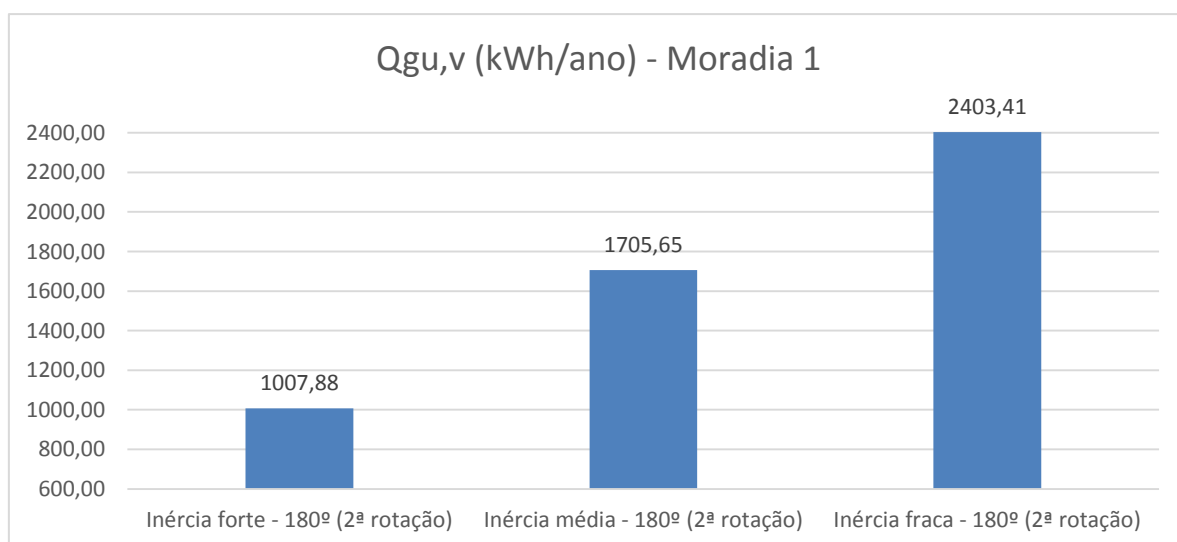


Figura 33 – Ganhos térmicos úteis na estação de arrefecimento, 2ª Rotação da Moradia

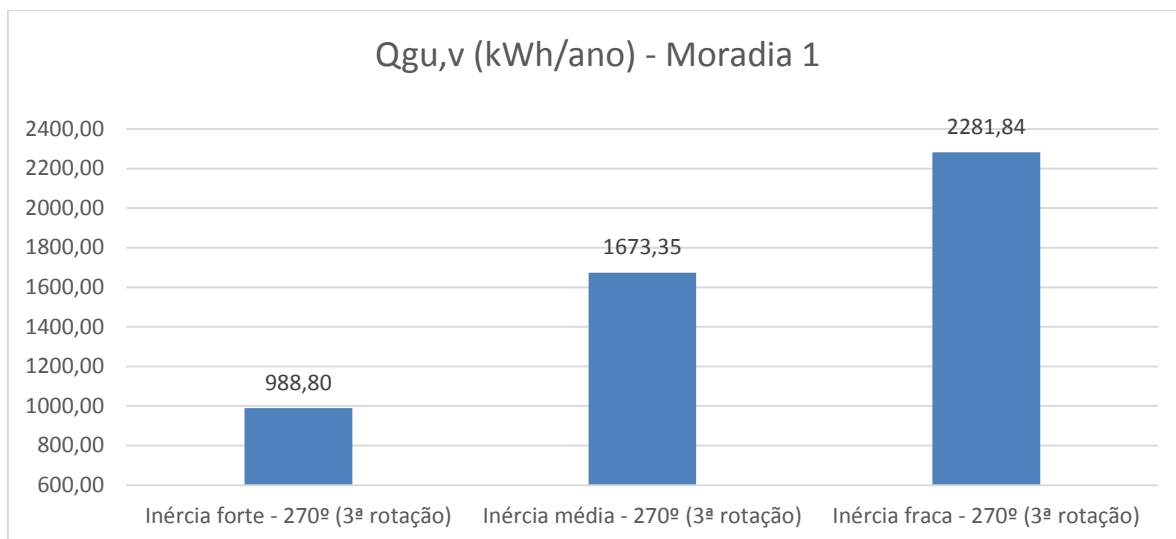


Figura 34 – Ganhos térmicos úteis na estação de arrefecimento, 3ª Rotação da Moradia 1

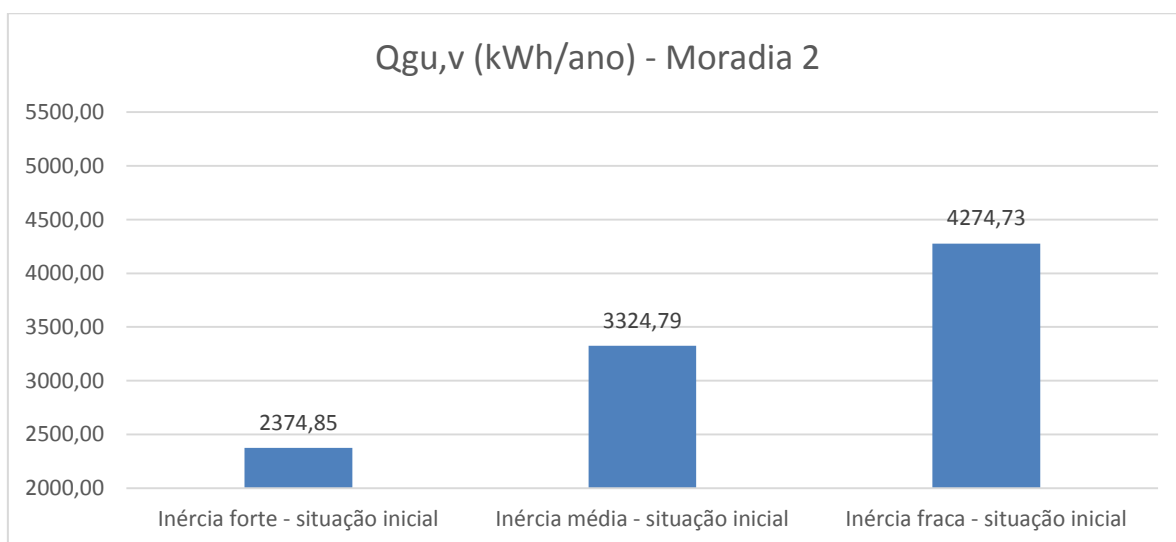


Figura 35 – Ganhos térmicos úteis na estação de arrefecimento, Situação Inicial da Moradia 2

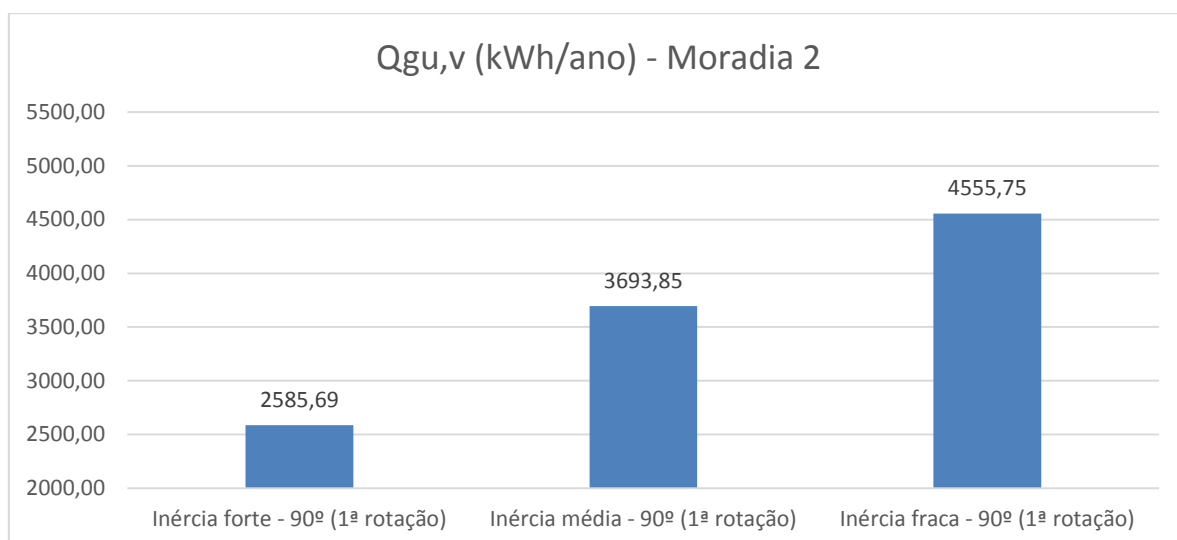


Figura 36 – Ganhos térmicos úteis na estação de arrefecimento, 1ª Rotação da Moradia
2

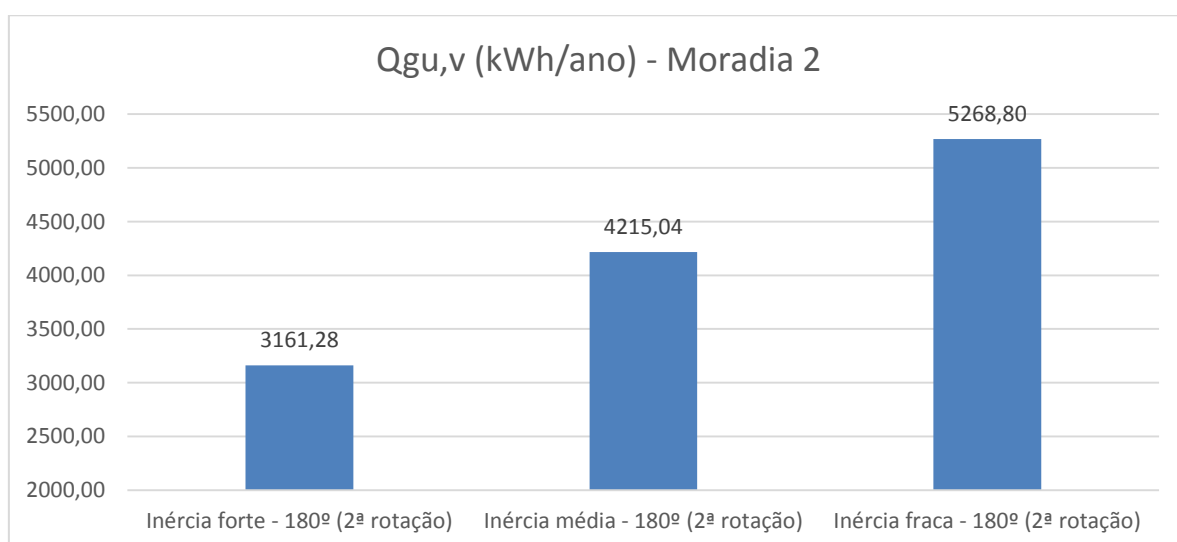


Figura 37 – Ganhos térmicos úteis na estação de arrefecimento, 2ª Rotação da Moradia
2

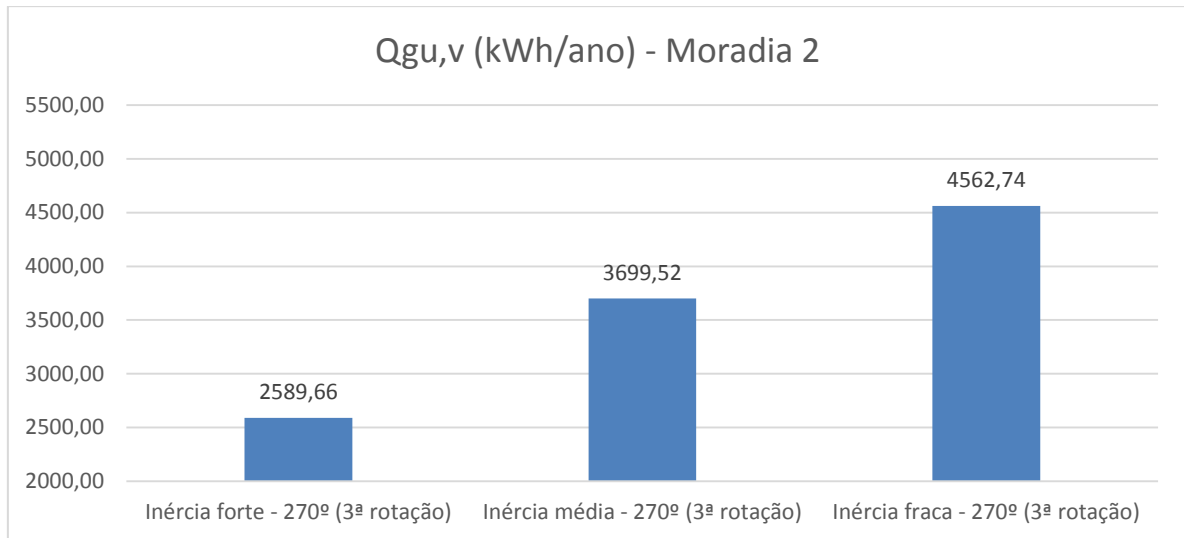


Figura 38 – Ganhos térmicos úteis na estação de arrefecimento, 3ª Rotação da Moradia

2

Observando os resultados obtidos, podemos perceber a influência que a classe de inércia térmica tem nos ganhos térmicos, tendo-se obtido mais ganhos térmicos. Podemos considerar esta situação desfavorável na estação de arrefecimento, à medida que a classe de inércia térmica baixa, ou seja, à medida que a solução construtiva perde massa e passamos de inércia térmica forte a fraca. Na estação de arrefecimento quanto maior forem os ganhos térmicos maior a necessidade de termos de arrefecer o ar interior e como tal mais gastos energéticos.

Tendo como referência os valores da situação inicial obteve-se para a moradia 1 os seguintes ganhos térmicos, 994,25 kWh/ano para a inércia térmica forte, 1682,58 kWh/ano para a inércia térmica média e 2294,42 kWh/ano para a inércia térmica fraca, valores da figura 43, neste caso a variação dos ganhos térmicos com a variação da inércia térmica foram de 69% para inércia média e de 131% para inércia fraca, valores da figura 59.

Para a moradia 2 os valores dos ganhos térmicos foram 2374,85 kWh/ano para a inércia térmica forte, 3324,79 kWh/ano para a inércia térmica média e 4274,73 kWh/ano para a inércia térmica fraca, valores da figura 47, neste caso a variação dos ganhos térmicos com a variação da inércia térmica foram de 40% para inércia média e de 80% para inércia fraca, valores da figura 63.

6.3. Relação entre os resultados obtidos

Estando já calculados os valores dos ganhos térmicos nas duas estações regulamentares, obteve-se a relação em percentagem dos valores para se aferir as diferenças dos mesmos com a alteração da inércia térmica e também com as rotações feitas nas

moradias de modo a se poder alterar a orientação solar. Deste modo será mais fácil perceber a diferença que a variação da inércia térmica provoca nos ganhos térmicos e também as orientações solares.

Tendo como referência a inércia térmica forte e a situação inicial das orientações das moradias, as diferenças obtidas foram as seguintes, para a moradia 1:

Quadro 47 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, situação inicial com a variação da inércia térmica, moradia 1

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 1
Inércia forte - situação inicial	100%
Inércia média - situação inicial	94%
Inércia fraca - situação inicial	85%

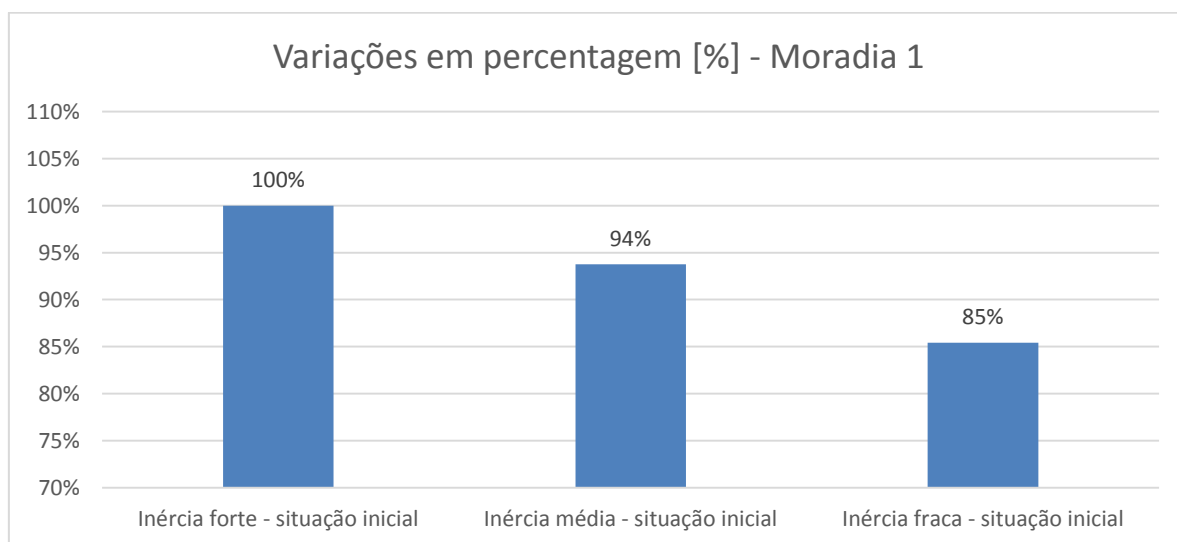


Figura 39 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, situação inicial, Moradia 1

Quadro 48 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, 1ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 1

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 1
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	106%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	97%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	88%

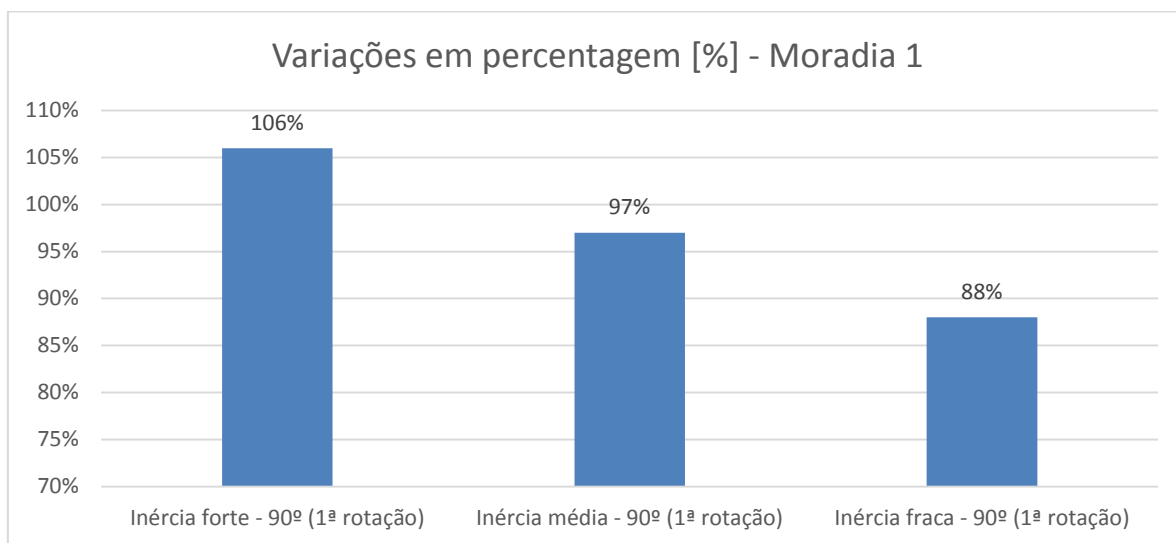


Figura 40 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, 1.ª rotação da Moradia 1

Quadro 49 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, 2ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 1

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 1
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	92%
Inércia média - 180° (2ª rotação)	86%
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	80%

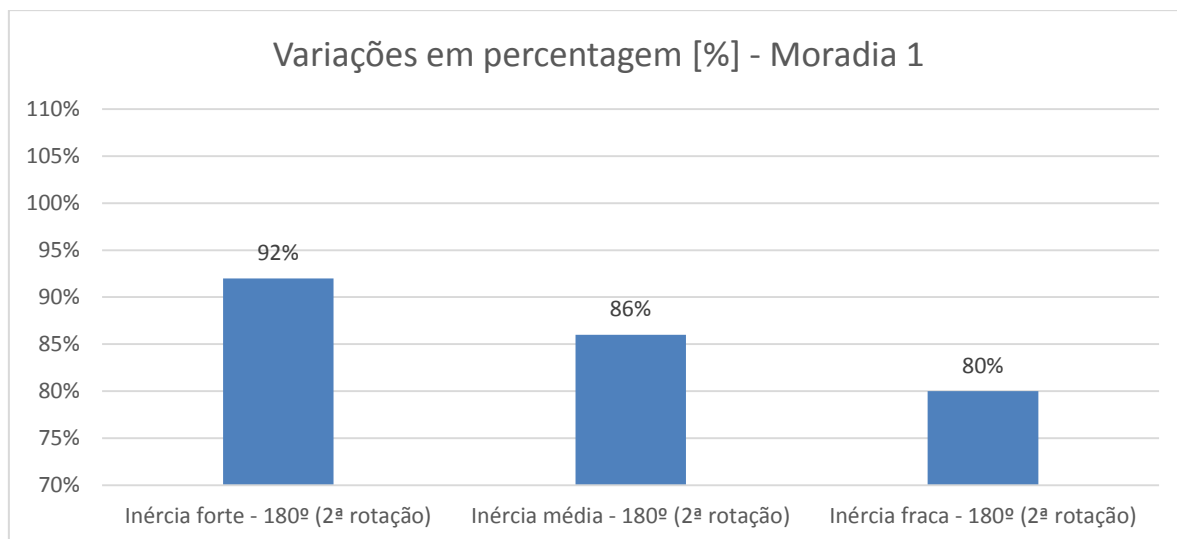


Figura 41 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, 2.ª rotação da Moradia 1

Quadro 50 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, 3ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 1

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 1
Inércia forte - 270º (3ª rotação)	91%
Inércia média - 270º (3ª rotação)	86%
Inércia fraca - 270º (3ª rotação)	79%

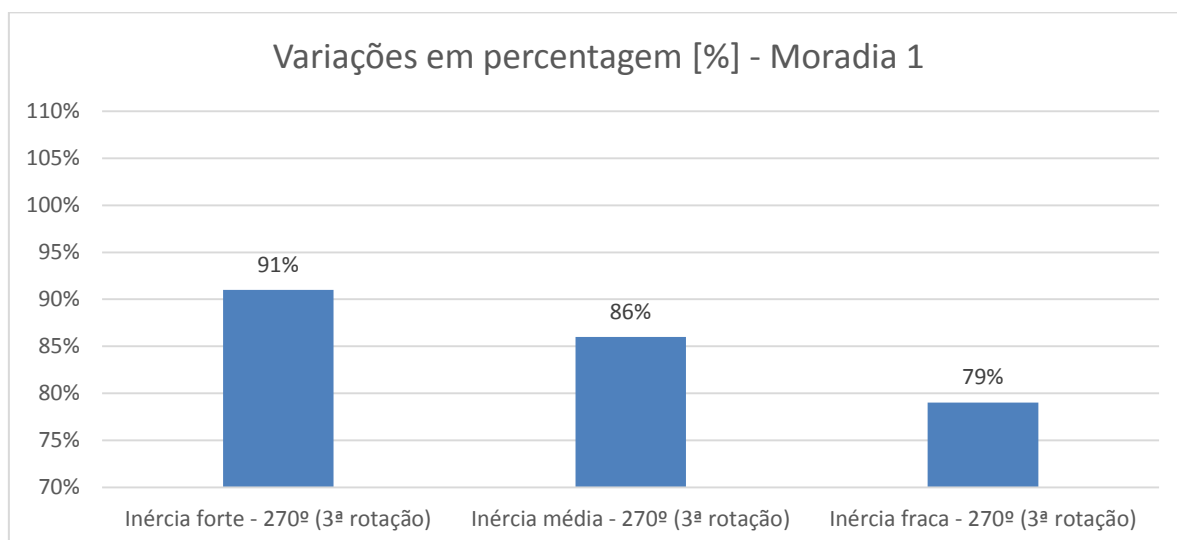


Figura 42 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, 3.ª rotação da Moradia 1

Para a moradia 2 na estação de aquecimento a variação dos valores foram os seguintes:

Quadro 51 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, situação inicial com a variação da inércia térmica, moradia 2

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 2
Inércia forte - situação inicial	100%
Inércia média - situação inicial	90%
Inércia fraca - situação inicial	81%

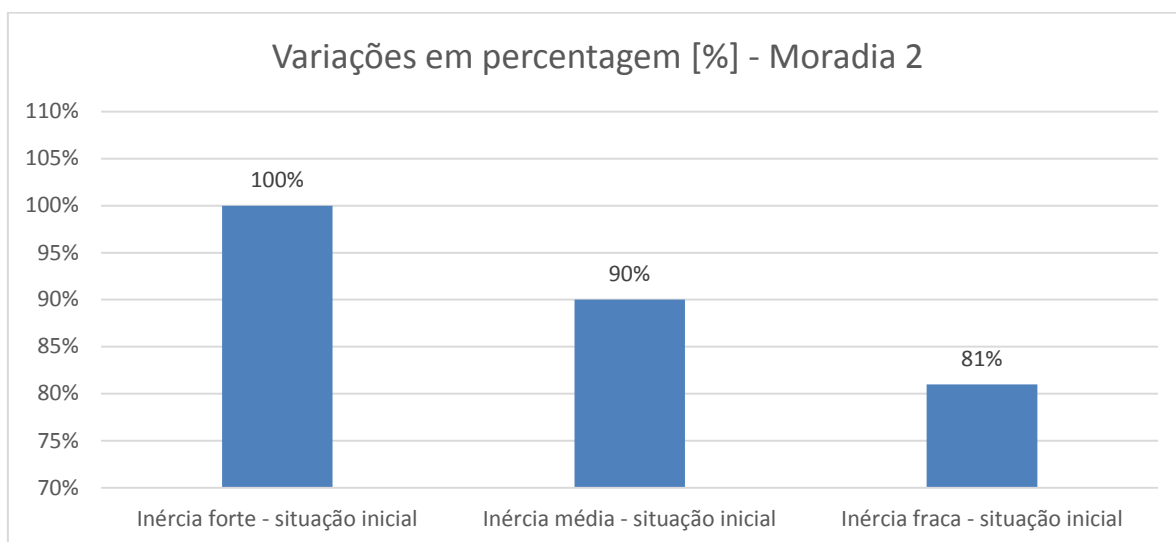


Figura 43 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, situação inicial, Moradia 2

Quadro 52 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, 1ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 2

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 2
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	92%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	84%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	75%

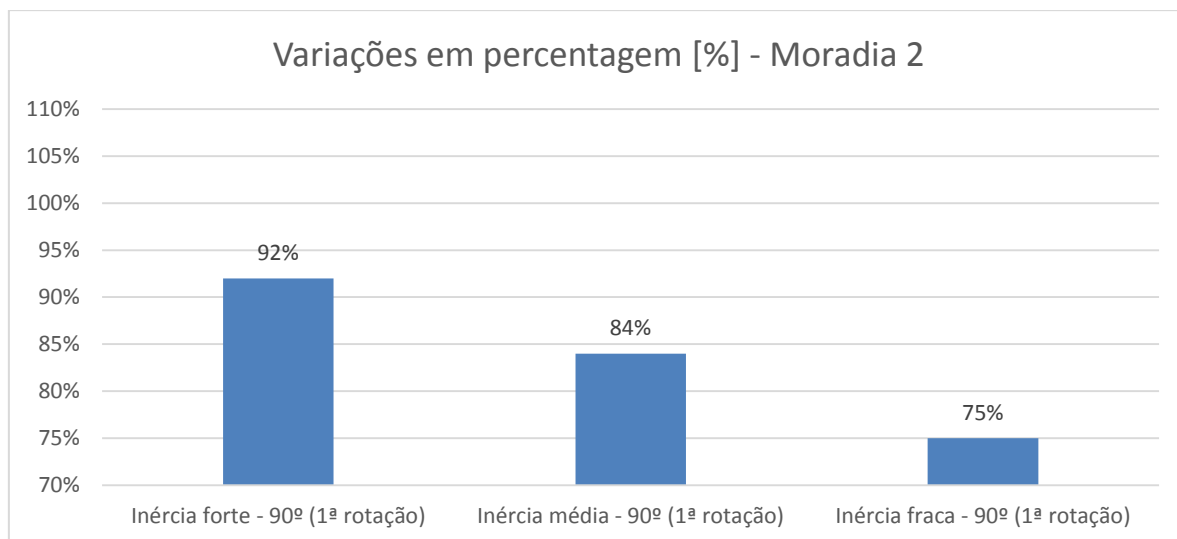


Figura 44 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, 1ª rotação da Moradia 2

Quadro 53 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, 2ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 2

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 2
Inércia forte - 180º (2ª rotação)	94%
Inércia média - 180º (2ª rotação)	86%
Inércia fraca - 180º (2ª rotação)	76%

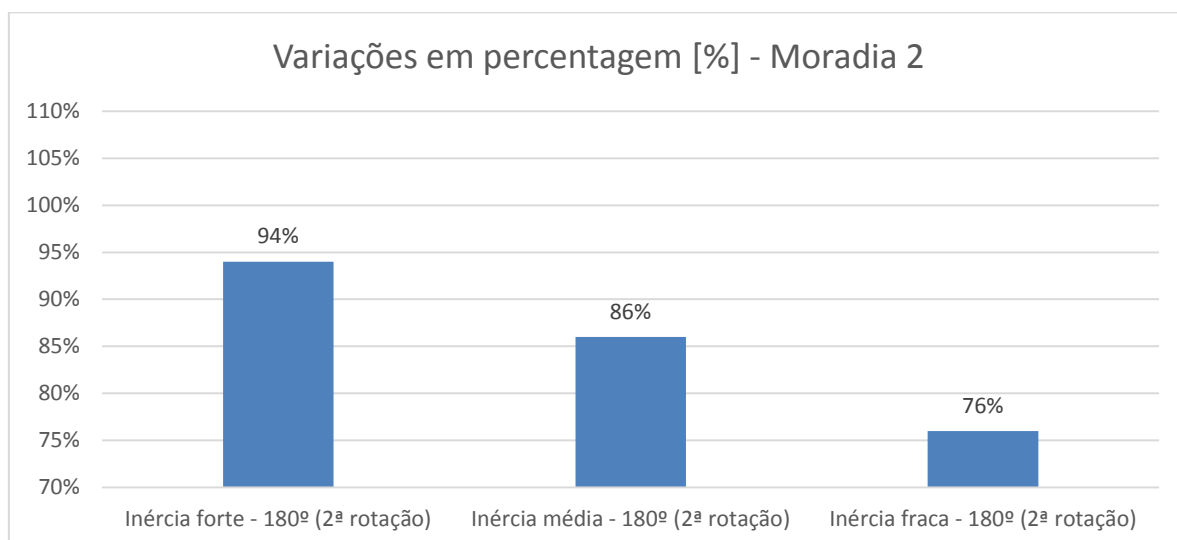


Figura 45 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, 2ª rotação da Moradia 2

Quadro 54 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, 3ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 2

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 2
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	102%
Inércia média - 270° (3ª rotação)	92%
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	82%

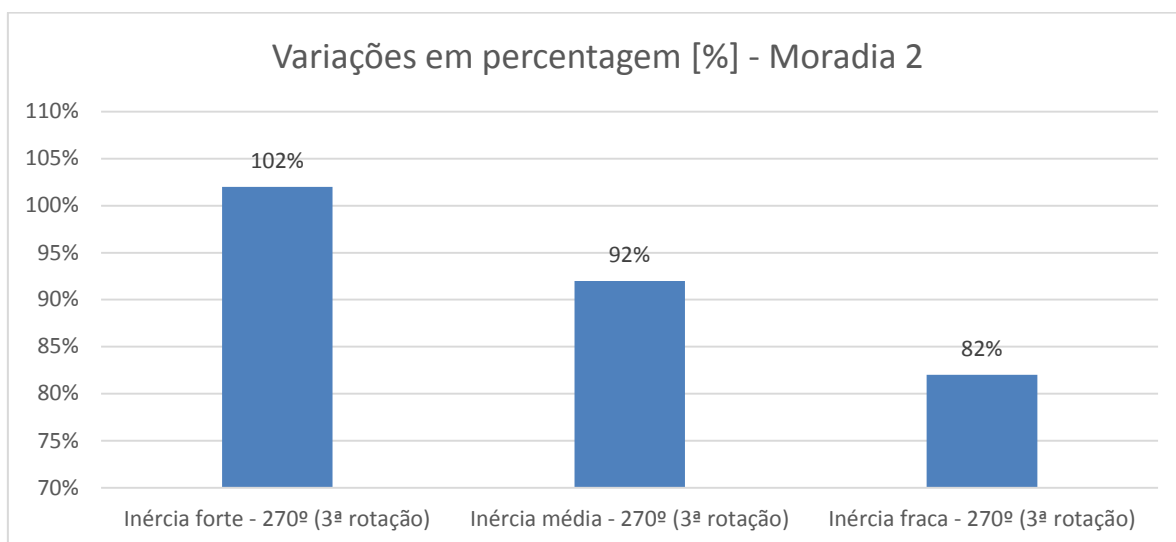


Figura 46 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos, 3ª rotação da Moradia 2

Para a estação de arrefecimento os valores da variação em percentagem foram os seguintes:

Para a moradia 1:

Quadro 55 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, situação inicial com a variação da inércia térmica, moradia 1

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 1
Inércia forte - situação inicial	100%
Inércia média - situação inicial	169%
Inércia fraca - situação inicial	231%

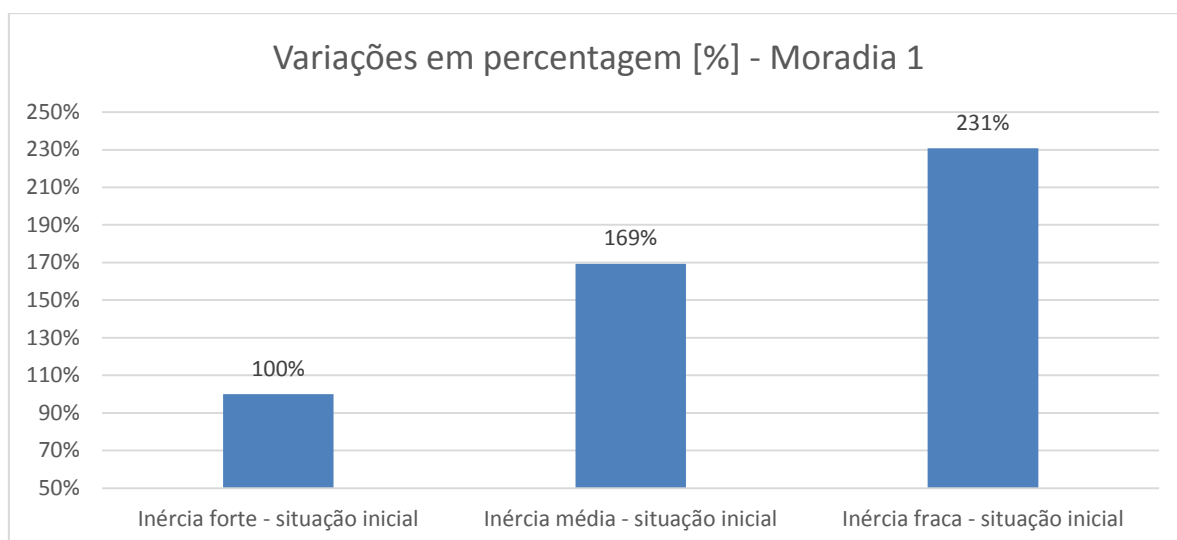


Figura 47 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, situação inicial da Moradia 1

Quadro 56 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, 1ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 1

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 1
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	70%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	133%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	189%

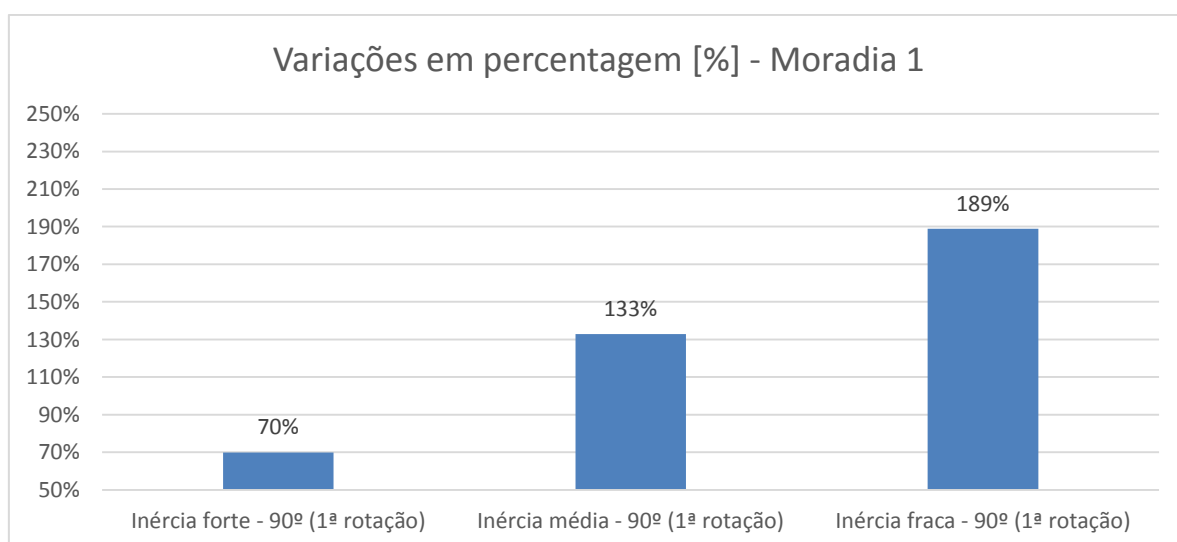


Figura 48 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, 1ª rotação da Moradia 1

Quadro 57 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, 2ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 1

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 1
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	101%
Inércia média - 180° (2ª rotação)	172%
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	242%

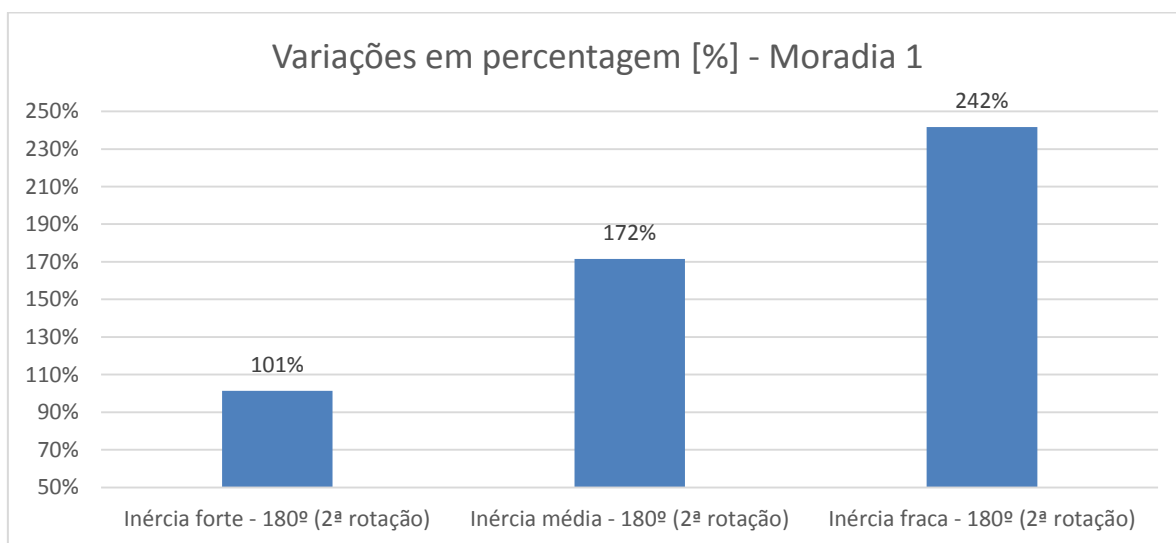


Figura 49 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, 2ª rotação da Moradia 1

Quadro 58 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, 3ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 1

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 1
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	99%
Inércia média - 270° (3ª rotação)	168%
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	230%

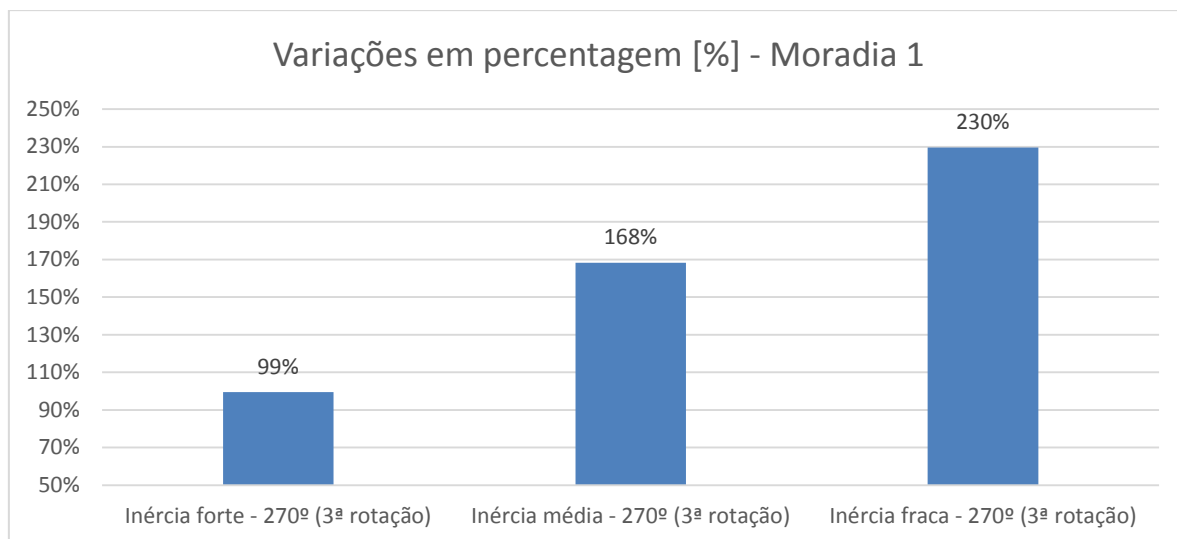


Figura 50 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, 3ª rotação da Moradia 1

Para a moradia 2, a variação dos resultados na estação de arrefecimento foram os seguintes:

Quadro 59 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, situação inicial com a variação da inércia térmica, moradia 2

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 2
Inércia forte - situação inicial	100%
Inércia média - situação inicial	140%
Inércia fraca - situação inicial	180%

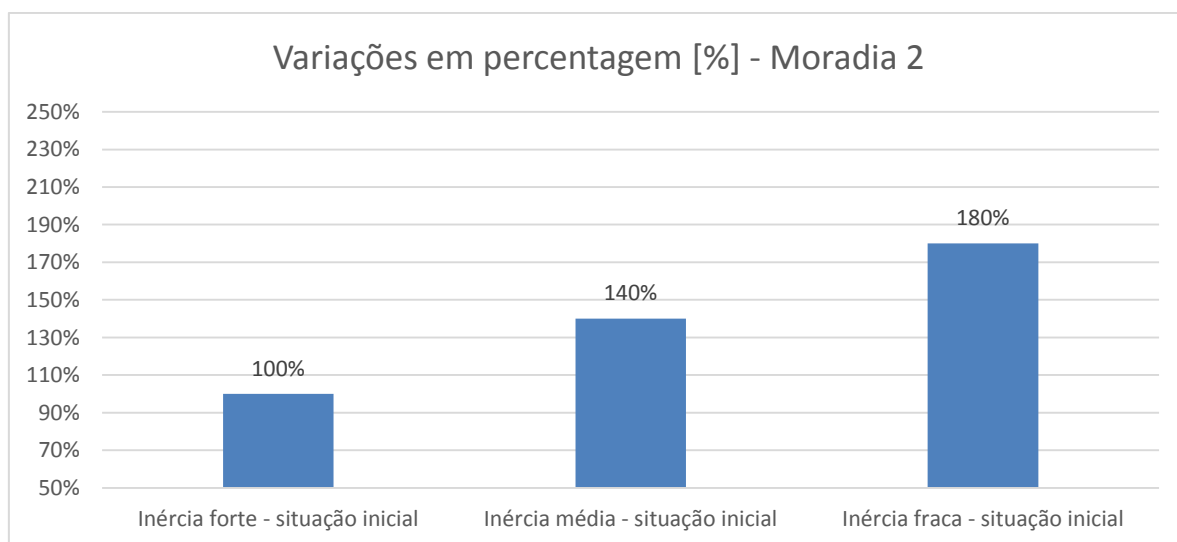


Figura 51 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, situação inicial, Moradia 2

Quadro 60 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, 1ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 2

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 2
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	109%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	156%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	192%

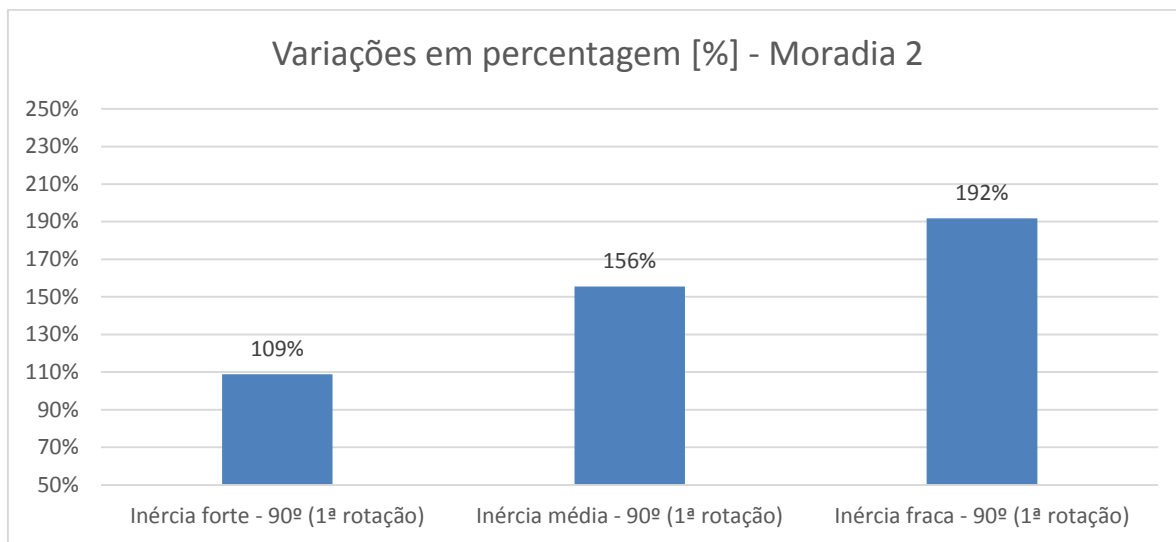


Figura 52 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, 1ª rotação da Moradia 2

Quadro 61 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, 2ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 2

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 2
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	133%
Inércia média - 180° (2ª rotação)	177%
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	222%

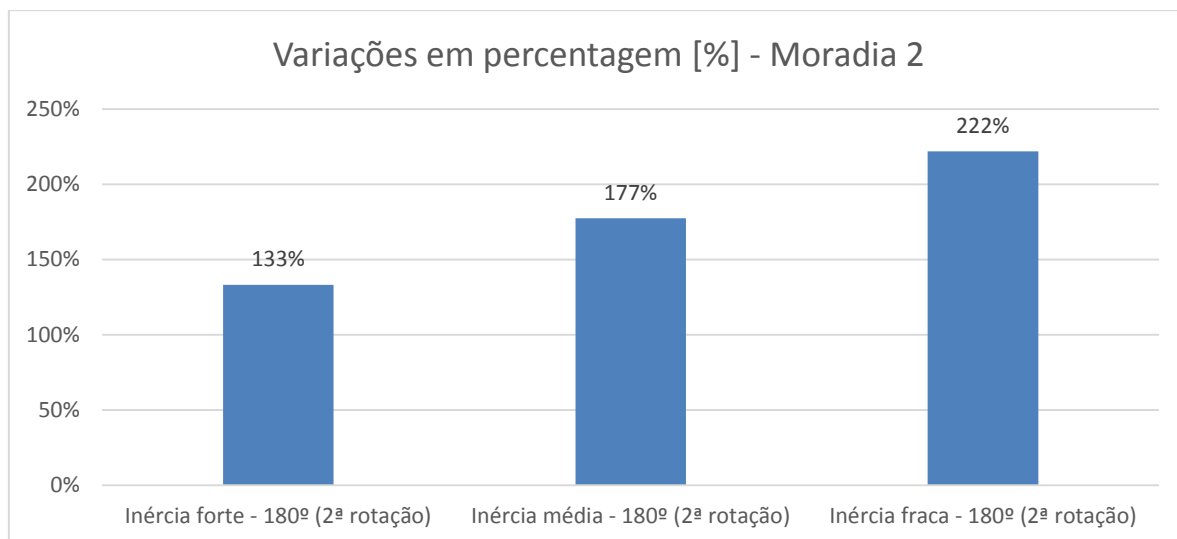


Figura 53 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, 2ª rotação da Moradia 2

Quadro 62 – Variação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, 3ª rotação com a variação da inércia térmica, moradia 2

Designação	Variações em percentagem [%] - Moradia 2
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	109%
Inércia média - 270° (3ª rotação)	156%
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	192%

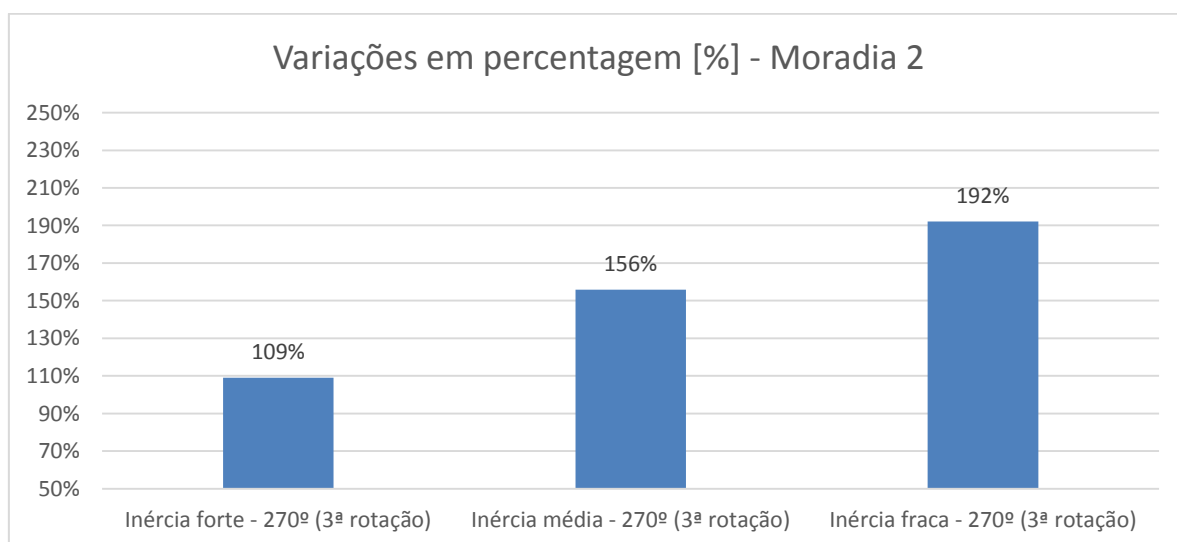


Figura 54 – Variações em percentagem dos ganhos térmicos, 3ª rotação da Moradia 2

Numa primeira análise confirmam-se os pressupostos teóricos da inércia térmica, na estação de aquecimento perdemos ganhos térmicos à medida que perdemos massa superficial útil e a classe de inércia passa de forte a fraca. Na estação de arrefecimento

ocorre o contrário, aumentam os ganhos térmicos à medida que perdemos massa superficial útil e a classe de inércia passa de forte para fraca.

Também referido anteriormente, obtiveram-se mais ganhos solares nas rotações impostas às moradias, quando a área de envidraçados aumentava nos quadrantes sudoeste e sudeste para a moradia 1 e nos quadrantes sul e este para a moradia 2.

6.4. Cálculo dos ganhos internos sem obstruções solares

Qual será o impacto que os sombreamentos provocam no cálculo dos ganhos térmicos? Será que a maior influência é na estação de aquecimento (Inverno), ou será na estação de arrefecimento (Verão)? O desenvolvimento da arquitectura e a disposição no terreno onde será implantada a moradia, irá provocar sombreamentos, pelo menos em alguns vãos envidraçados existe a forte possibilidade de isso acontecer. Considerando que pelo menos a obstrução de horizonte será contabilizada na estação de aquecimento (Inverno). Neste sentido foi feito um estudo para as mesmas moradias tendo em conta que não existe sombreamento nos vãos envidraçados, o sombreamento das paredes não foi considerado no estudo inicial e também neste estudo complementar.

Estando as duas moradias inseridas nas folhas de cálculo o procedimento foi fácil, colocaram-se a zero todos os ângulos de obstrução, com excepção do ângulo de horizonte. Não sendo necessário a repetição de todos os passos de cálculo já descritos nos parágrafos anteriores, serão apenas mostrados os valores finais dos ganhos térmicos e sua relação com o cálculo inicial. Como seria de esperar, a ausência de sombreamentos origina uma maior incidência da radiação solar nas envolventes das moradias em estudo. Isto leva também a um aumento dos ganhos térmicos como mostram os quadros dos valores obtidos. Para ser mais fácil a verificação dos valores, os quadros seguintes apresentam os valores para as duas situações das moradias em estudo.

Quadro 63 – Ganhos térmicos para a moradia 1, com e sem sombreamentos

Designação	Qgu,i (kWh/ano) - Moradia 1 c/sombreamentos	Qgu,i (kWh/ano) - Moradia 1 s/sombreamentos	Qgu,v (kWh/ano) - Moradia 1 c/sombreamentos	Qgu,v (kWh/ano) - Moradia 1 s/sombreamentos
Inércia forte - situação inicial	11492,45	12927,26	994,25	1330,58
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	12146,80	14306,52	695,37	1208,40
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	10591,20	12251,72	1007,88	1348,28
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	10436,46	10635,11	988,80	1479,34
Inércia média - situação inicial	10774,17	11964,59	1682,58	2079,04
Inércia média - 90° (1ª rotação)	11134,57	13062,48	1321,20	1933,44
Inércia média - 180° (2ª rotação)	9936,07	11230,74	1705,65	2106,69
Inércia média - 270° (3ª rotação)	9898,50	9977,27	1673,35	2262,52
Inércia fraca - situação inicial	9816,47	10726,87	2294,42	2744,33
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	10122,34	11662,93	1877,49	2577,92
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	9171,76	10209,77	2403,41	2780,82
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	9037,76	9100,14	2281,84	2958,68

Quadro 64 – Ganhos térmicos para a moradia 2, com e sem sombreamentos

Designação	Qgu,i (kWh/ano) - Moradia 2 c/sombreamentos	Qgu,i (kWh/ano) - Moradia 2 s/sombreamentos	Qgu,v (kWh/ano) - Moradia 2 c/sombreamentos	Qgu,v (kWh/ano) - Moradia 2 s/sombreamentos
Inércia forte - situação inicial	19703,55	22961,13	2374,85	3572,18
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	18193,68	20990,26	2585,69	3961,15
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	18495,44	20492,96	3161,28	3974,45
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	20099,30	21975,64	2589,66	3785,43
Inércia média - situação inicial	17711,06	20665,02	3324,79	4671,31
Inércia média - 90° (1ª rotação)	16611,62	18793,61	3693,85	4951,43
Inércia média - 180° (2ª rotação)	16869,47	18397,09	4215,04	4968,06
Inércia média - 270° (3ª rotação)	18043,69	19621,11	3699,52	4907,04
Inércia fraca - situação inicial	15939,95	18368,90	4274,73	5633,06
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	14831,81	16841,02	4555,75	5941,72
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	15040,25	16301,22	5268,80	5961,68
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	16216,48	17528,19	4562,74	5878,63

Nas seguintes figuras podemos consultar os valores obtidos para a situação inicial do estudo, com as obstruções nos vãos envidraçados previstas inicialmente na arquitectura e para a situação em que não foram consideradas as obstruções nos vãos envidraçados.

Para a estação de aquecimento, Inverno, os valores foram os seguintes:

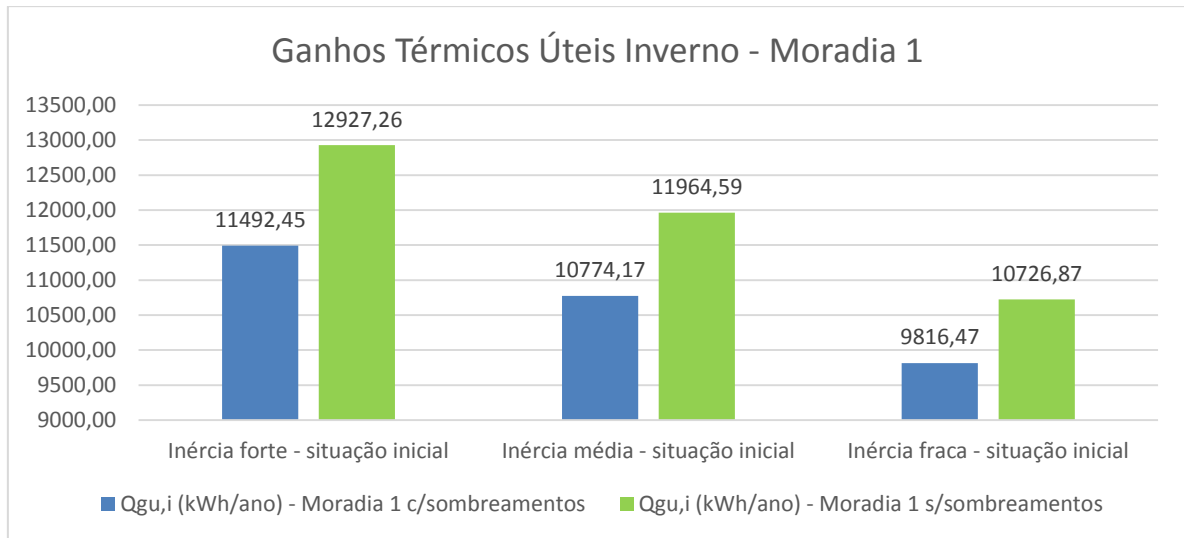


Figura 55 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, situação inicial da Moradia 1

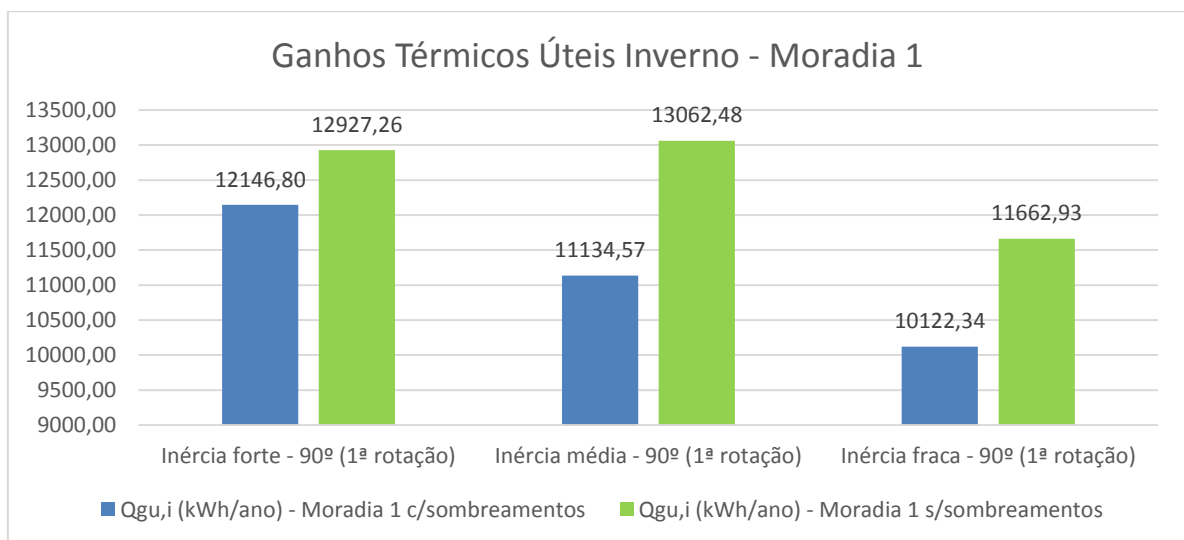


Figura 56 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, 1ª rotação da Moradia 1

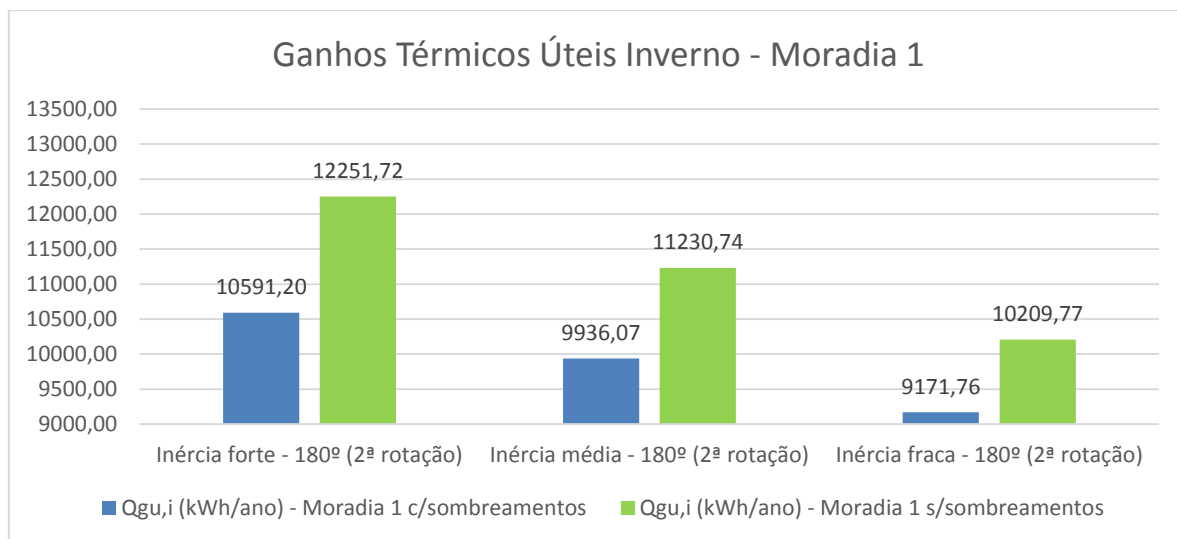


Figura 57 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, 2ª rotação da Moradia 1

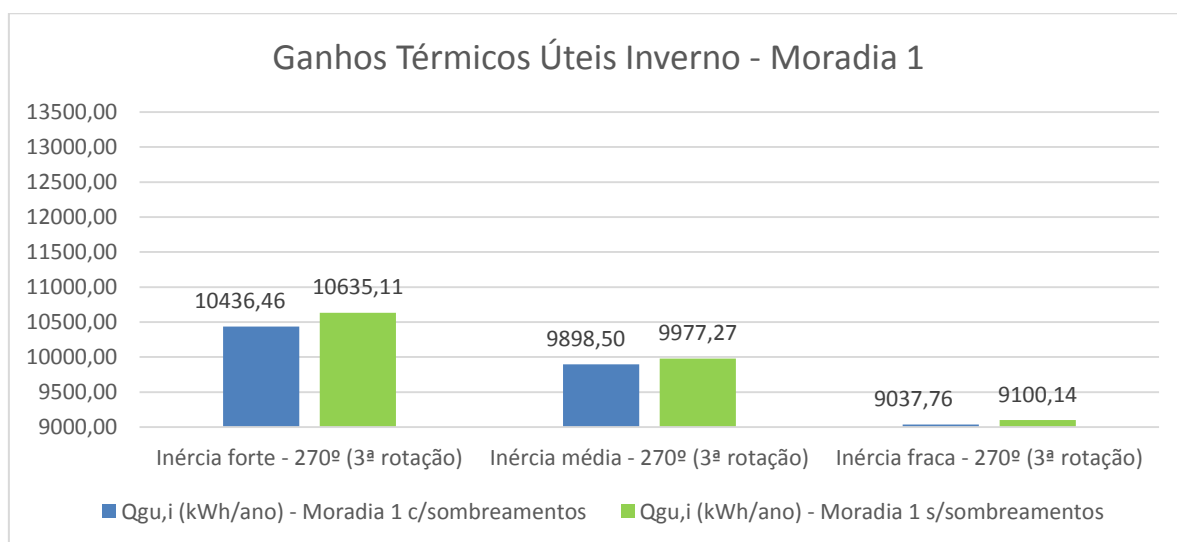


Figura 58 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, 3ª rotação, Moradia 1

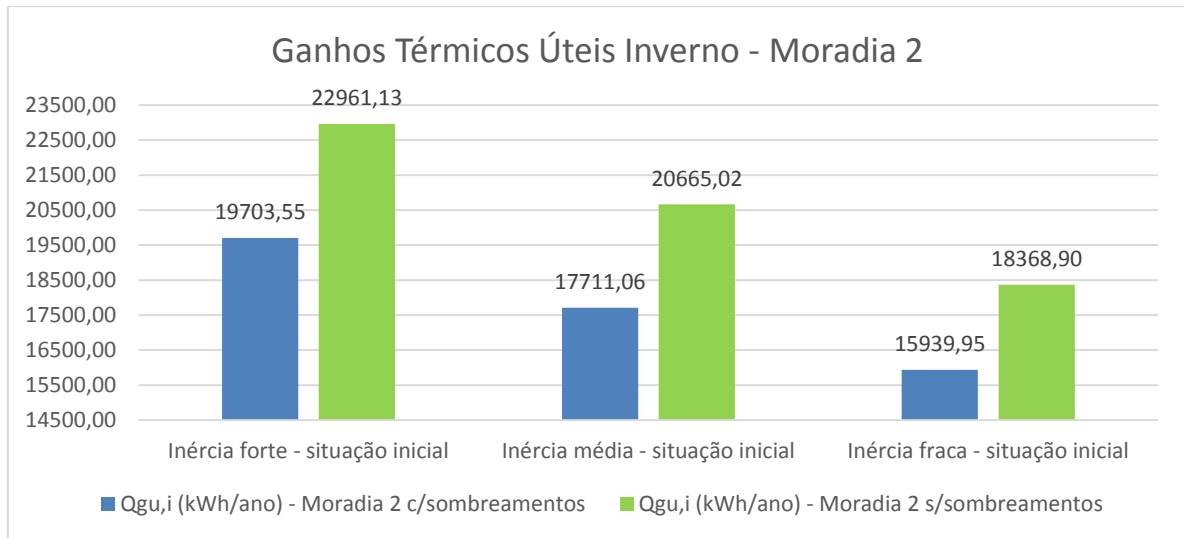


Figura 59 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, situação inicial, Moradia 2

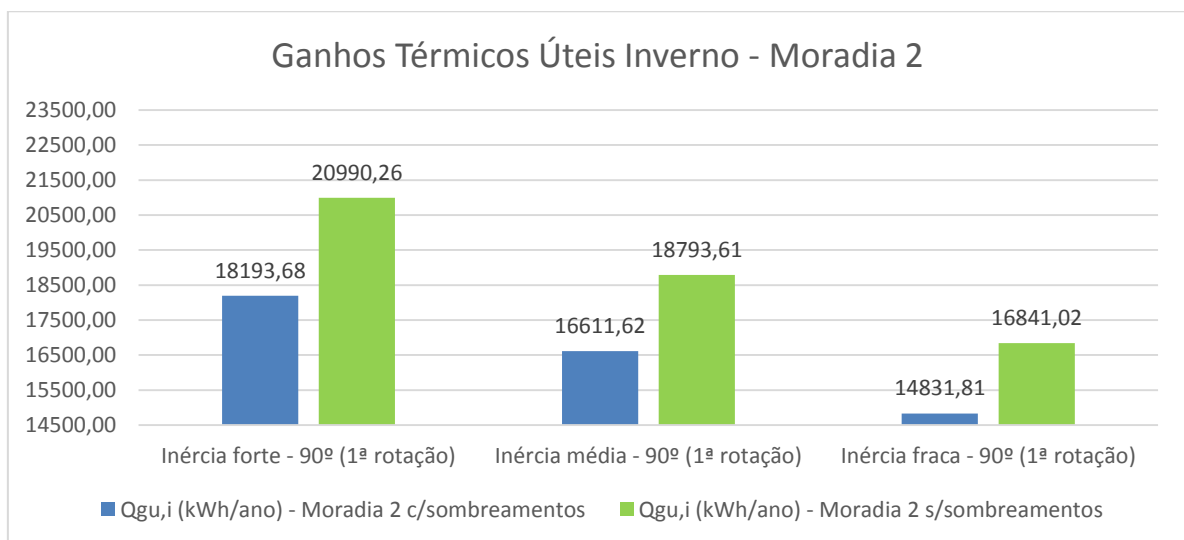


Figura 60 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, 1ª rotação, Moradia 2

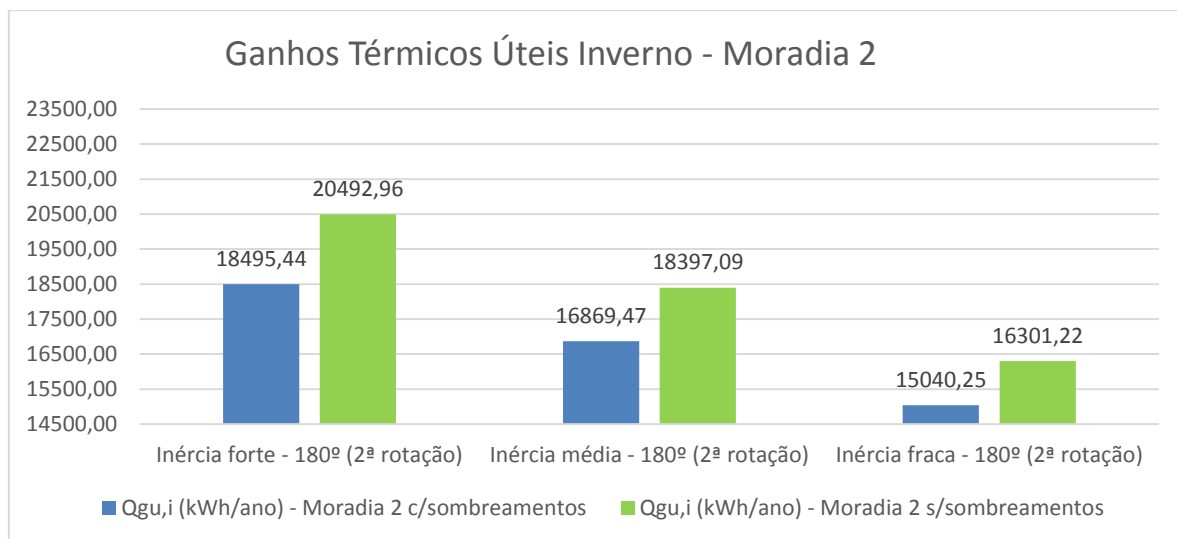


Figura 61 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, 2ª rotação, Moradia 2

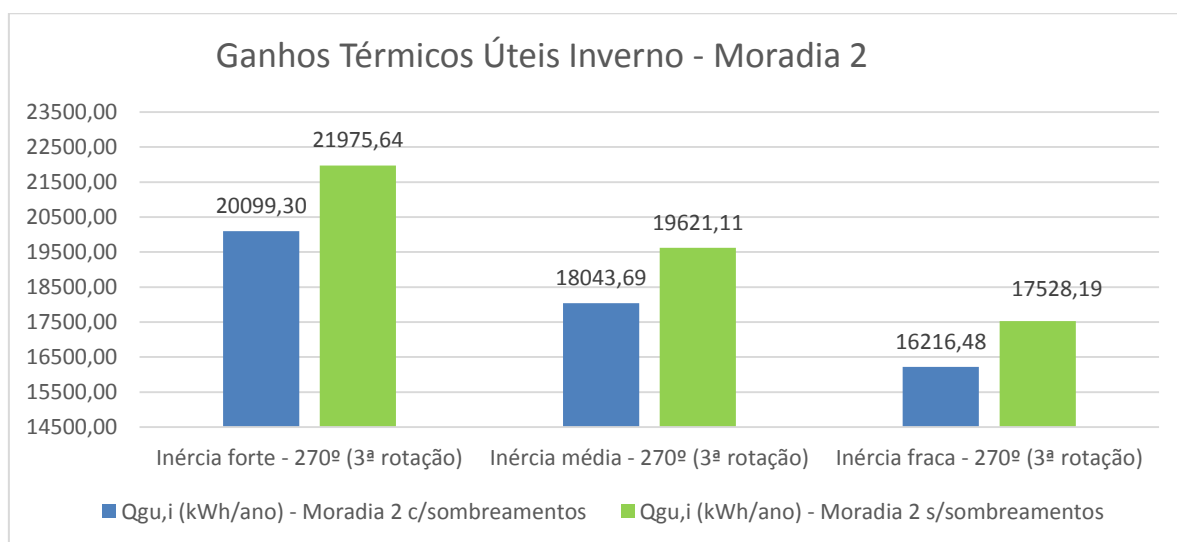


Figura 62 – Ganhos térmicos na estação de aquecimento, com e sem obstruções, 3ª rotação, Moradia 2

Para a estação de arrefecimento, Verão, os valores foram os seguintes:

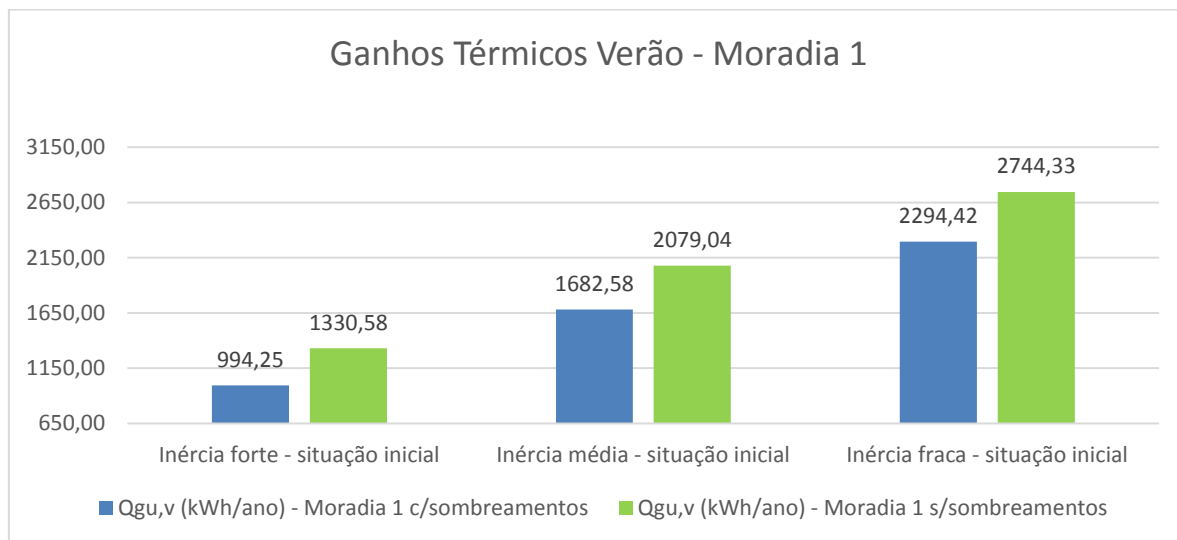


Figura 63 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, situação inicial, Moradia 1

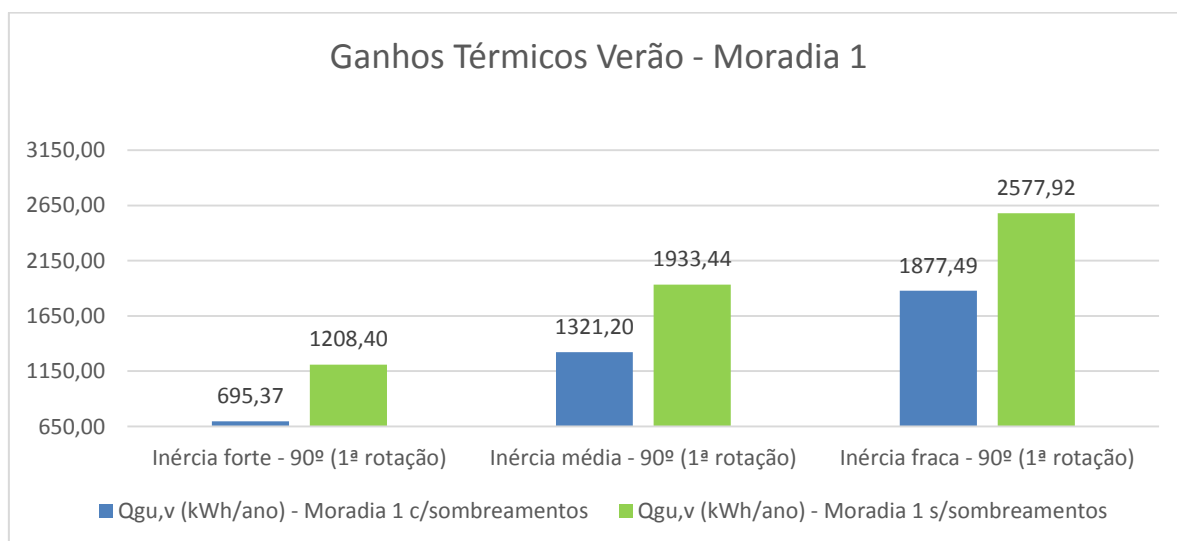


Figura 64– Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, 1ª rotação, Moradia 1

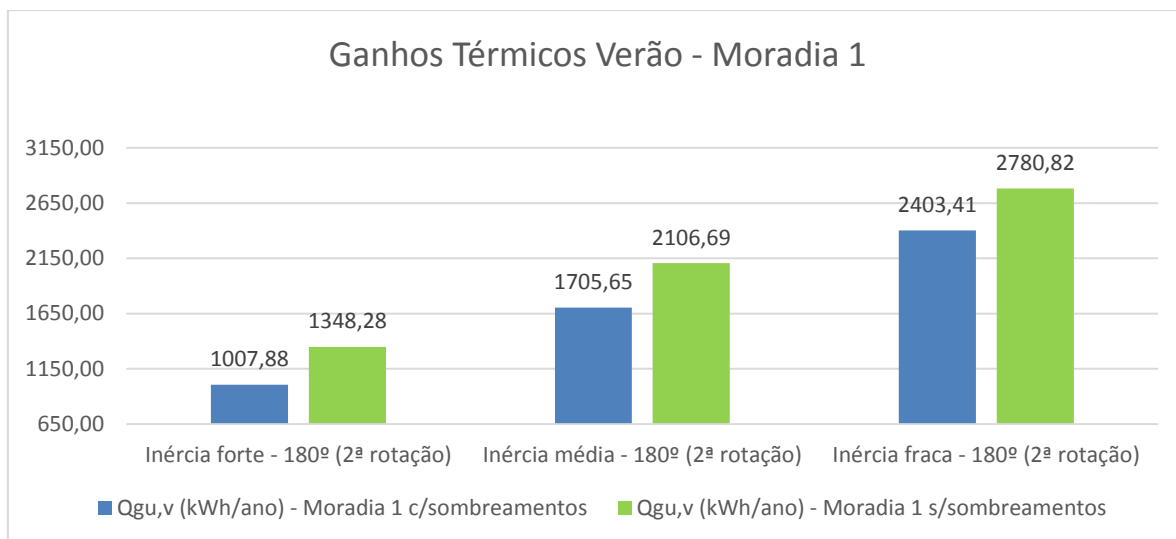


Figura 65 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, 2ª rotação, Moradia 1

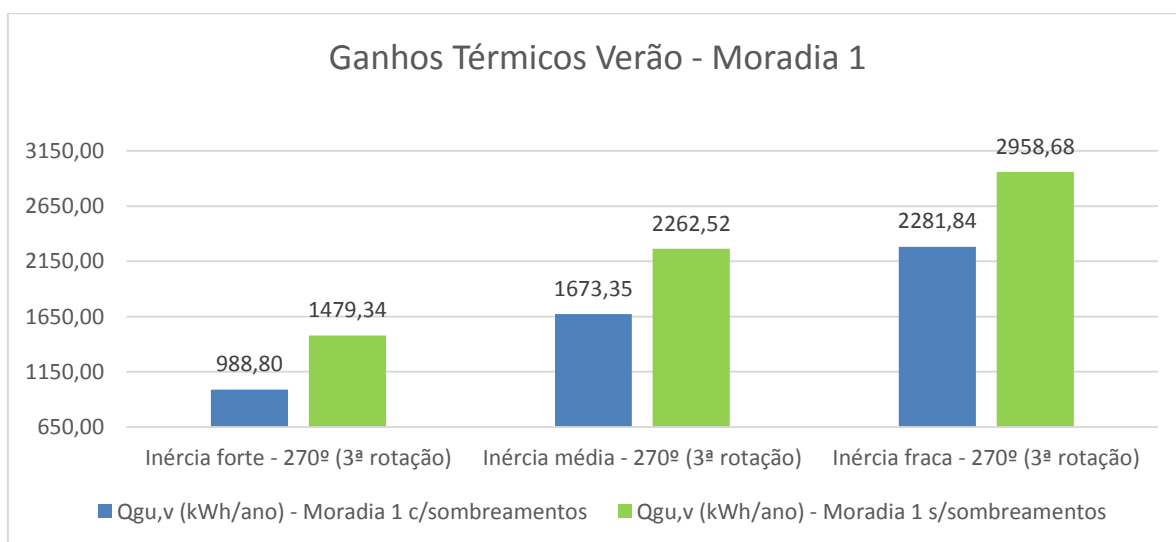


Figura 66 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, 3ª rotação, Moradia 1

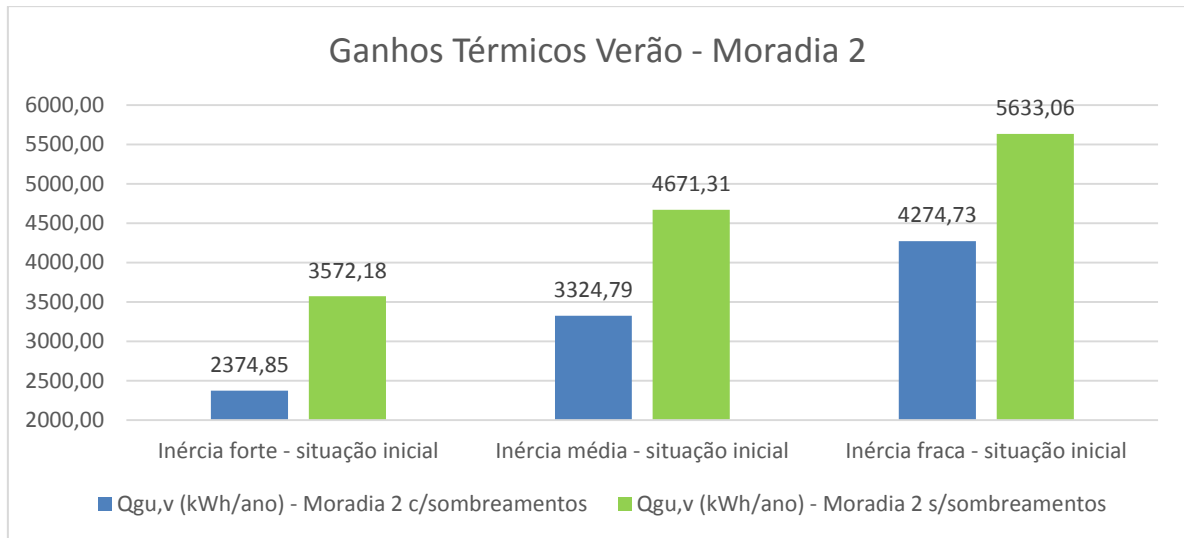


Figura 67 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, situação inicial, Moradia 2

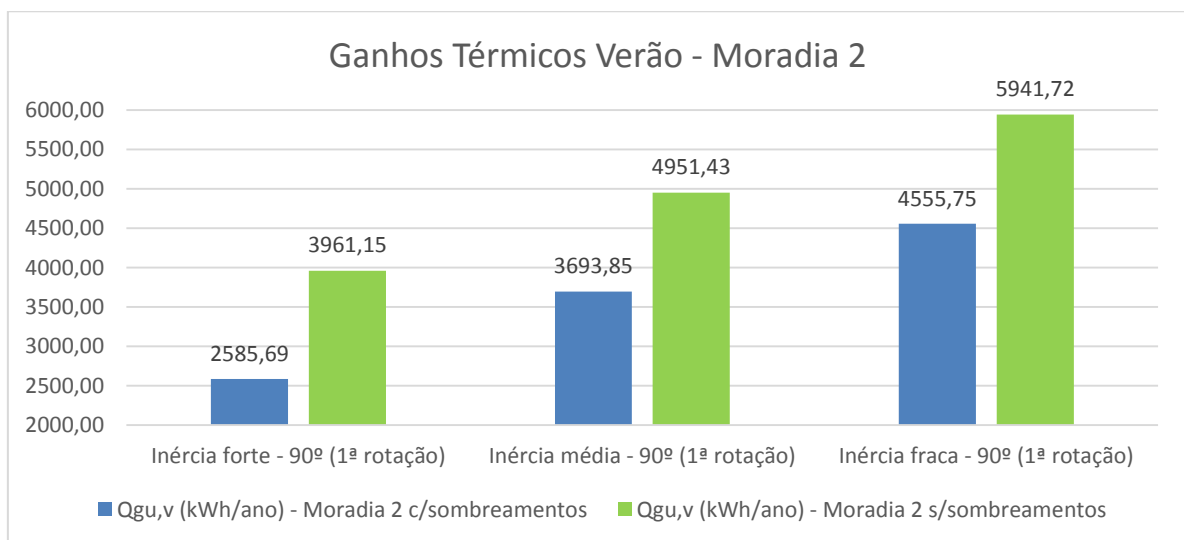


Figura 68 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, 1ª rotação, Moradia 1

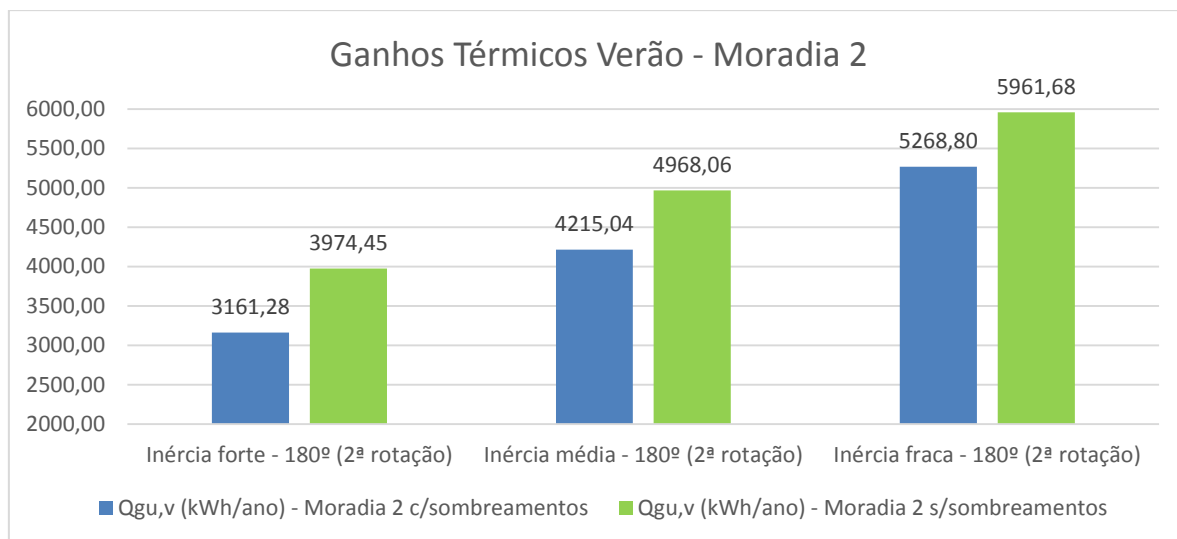


Figura 69 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, 2ª rotação, Moradia 1

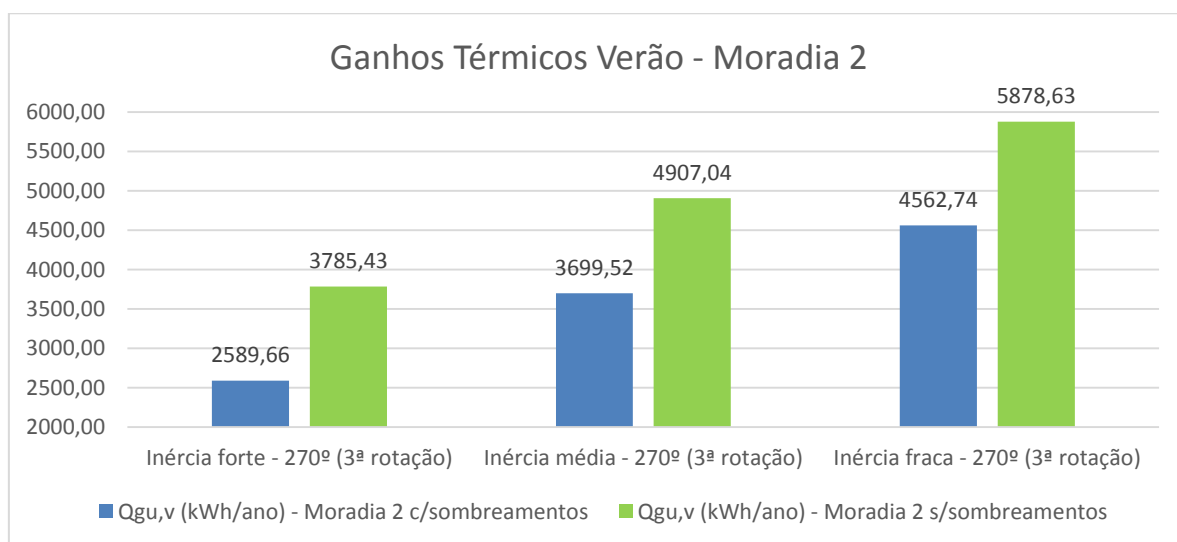


Figura 70 – Ganhos térmicos na estação de arrefecimento, com e sem obstruções, 3ª rotação, Moradia 2

Procurou-se com este estudo consolidar a curiosidade em torno do impacto que os sombreamentos têm num edifício. Neste sentido seria de esperar que a ausência de sombreamentos aumentasse os ganhos térmicos, já que a energia proveniente do sol não tem qualquer barreira que provoque a sua diminuição antes de chegar ao envidraçado.

Considerando que cada moradia é um caso particular e cada uma possui as suas características, não houve interesse em comparar os resultados entre elas, demonstrou-se neste estudo que os valores foram um pouco diferentes para cada moradia, sendo que em ambas a maior variação dos ganhos térmicos acontece na estação de arrefecimento.

Fazendo as percentagens sem as obstruções em relação à situação inicial, os valores obtidos foram os seguintes:

Quadro 65 – Relação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento e arrefecimento com e sem obstruções solares, para a moradia 1

Designação	% Q_{gu,i} (kWh/ano)	% Q_{gu,v} (kWh/ano)
Inércia forte - situação inicial	12,48%	33,83%
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	17,78%	73,78%
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	15,68%	33,77%
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	1,90%	49,61%
Inércia média - situação inicial	11,05%	23,56%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	17,31%	46,34%
Inércia média - 180° (2ª rotação)	13,03%	23,51%
Inércia média - 270° (3ª rotação)	0,80%	35,21%
Inércia fraca - situação inicial	9,27%	19,61%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	15,22%	37,31%
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	11,32%	15,70%
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	0,69%	29,66%

Quadro 66 – Relação em percentagem dos ganhos térmicos na estação de aquecimento e arrefecimento com e sem obstruções solares, para a moradia 2

Designação	% Q_{gu} (kWh/ano)	% Q_{gu} (kWh/ano)
Inércia forte - situação inicial	16,53%	50,42%
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	15,37%	53,19%
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	10,80%	25,72%
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	9,34%	46,17%
Inércia média - situação inicial	16,68%	40,50%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	13,14%	34,05%
Inércia média - 180° (2ª rotação)	9,06%	17,87%
Inércia média - 270° (3ª rotação)	8,74%	32,64%
Inércia fraca - situação inicial	15,24%	31,78%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	13,55%	30,42%
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	8,38%	13,15%
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	8,09%	28,84%

Podemos concluir com os valores obtidos, que a maior influência nos ganhos térmicos faz-se sentir na estação de arrefecimento. Foi nesta estação onde se verificou uma maior variação da percentagem entre os ganhos térmicos. É no Verão que os ganhos térmicos são mais prejudiciais no conforto interior. Como se pretende o arrefecimento do espaço interior, os ganhos térmicos não ajudam mas sim prejudicam, resultando num maior dispêndio de energia para o arrefecimento do ar interior.

Considerando que as moradias em estudo são diferentes, os valores em percentagem na estação de aquecimento não chegaram aos 20% para as duas moradias. Na estação de arrefecimento houve uma maior dispersão dos resultados, na moradia 1 existiu um valor superior a 70% e os restantes valores não chegaram aos 50%, na moradia 2 houveram dois resultados acima dos 50% e os restantes ficaram todos abaixo desse valor.

Seria de esperar que houvesse um aumento dos ganhos térmicos com a ausência de obstruções que causam sombreamento nos vãos envidraçados. Este pequeno estudo comparativo servirá para sabermos se realmente as obstruções têm um efeito positivo na contabilização global dos ganhos térmicos. Neste sentido precisamos de saber quais os ganhos térmicos que realmente podemos considerar úteis para o conforto interior. Verificamos que os ganhos térmicos da estação de aquecimento são considerados úteis, uma vez que ajudam no aquecimento do ar interior. Já os ganhos na estação de arrefecimento não ajudam no arrefecimento do ar interior, pelo que os ganhos térmicos a considerar serão a diferença dos ganhos térmicos na estação de aquecimento pelos ganhos térmicos da estação de arrefecimento. Na prática estamos a subtrair aos ganhos térmicos de Inverno os ganhos térmicos obtidos no Verão.

Quadro 67 – Diferença dos ganhos térmicos nas estações de cálculo, moradia 1

Designação	Qg (kWh/ano) - com obstruções	Qg (kWh/ano) - sem obstruções
Inércia forte - situação inicial	10498,20	11596,67
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	11451,44	13098,12
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	9583,32	10903,44
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	9447,67	9155,77
Inércia média - situação inicial	9091,59	9885,55
Inércia média - 90° (1ª rotação)	9813,37	11129,04
Inércia média - 180° (2ª rotação)	8230,42	9124,06
Inércia média - 270° (3ª rotação)	8225,15	7714,75
Inércia fraca - situação inicial	7522,04	7982,55
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	8244,84	9085,00
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	6768,35	7428,94
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	6755,93	6141,46

Quadro 68 – Diferença dos ganhos térmicos nas estações de cálculo, moradia 2

Designação	Qg (kWh/ano) - com obstruções	Qg (kWh/ano) - sem obstruções
Inércia forte - situação inicial	17328,70	19388,95
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	15607,99	17029,11
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	15334,16	16518,51
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	17509,64	18190,22
Inércia média - situação inicial	14386,27	15993,70
Inércia média - 90° (1ª rotação)	12917,77	13842,17
Inércia média - 180° (2ª rotação)	12654,42	13429,03
Inércia média - 270° (3ª rotação)	14344,17	14714,08
Inércia fraca - situação inicial	11665,22	12735,85
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	10276,06	10899,30
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	9771,44	10339,54
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	11653,74	11649,57

Para sabermos se as obstruções têm um efeito positivo no cálculo dos ganhos térmicos teremos de saber a relação entre os valores iniciais e os valores sem as obstruções solares. Neste caso procura-se um valor em percentagem negativo, que traduzirá um efeito negativo nos ganhos térmicos. Aqui consideramos o facto da moradia não ter qualquer obstrução que cause sombreamento nos vãos envidraçados.

As percentagens obtidas foram as seguintes:

Quadro 69 – Relação em percentagem dos ganhos térmicos com e sem obstruções solares, para as moradias em estudo

Designação	% Qg - Moradia 1	% Qg - Moradia 2
Inércia forte - situação inicial	10%	12%
Inércia forte - 90° (1ª rotação)	14%	9%
Inércia forte - 180° (2ª rotação)	14%	8%
Inércia forte - 270° (3ª rotação)	-3%	4%
Inércia média - situação inicial	9%	11%
Inércia média - 90° (1ª rotação)	13%	7%
Inércia média - 180° (2ª rotação)	11%	6%
Inércia média - 270° (3ª rotação)	-6%	3%
Inércia fraca - situação inicial	6%	9%
Inércia fraca - 90° (1ª rotação)	10%	6%
Inércia fraca - 180° (2ª rotação)	10%	6%
Inércia fraca - 270° (3ª rotação)	-9%	0%

Os valores obtidos mostram que os sombreamentos presentes nas moradias em estudo, horizontais e verticais, não têm o efeito que deveriam. Já que deveria haver uma relação entre os ganhos térmicos na estação de aquecimento e na de arrefecimento superior aos

ganhos térmicos sem obstruções, o que apenas acontece na moradia 1 em duas situações em estudo.

Para além da curiosidade que sustentou este trabalho, ao contemplar a influência das obstruções, poderia considerar-se um olhar mais detalhado a fim de determinar a razão das obstruções não produzirem um melhor efeito nos ganhos térmicos. No entanto, fica consolidada a referência para um estudo mais pormenorizado no dimensionamento das obstruções de modo a se poder obter uma melhor relação destes elementos.

7. CONCLUSÃO

Em suma, e considerando os elementos explorados ao longo deste trabalho, espera-se que os assuntos abordados tenham suscitado alguma curiosidade e tenham sido fornecidas bases para quem lida com estas temáticas. Dado o teor mais teórico dos assuntos abordados, e por vezes com uma compreensão algo difícil, espera-se que os resultados obtidos com as diferentes soluções construtivas tenham levado a algum esclarecimento na escolha sobre quais as soluções construtivas que podem ter maior influência no conforto interior do edifício em estudo. Procurou-se com os dados apresentados, levar a uma escolha eficiente de modo a se obterem maiores ganhos térmicos e assim conseguir-se uma redução no consumo energético recorrendo às características dos materiais e ao bom aproveitamento da energia solar incidente no edifício. Deste modo em relação à inércia térmica, podemos concluir que o maior aproveitamento da inércia térmica é retirado quando o isolamento térmico é aplicado pelo exterior, isto deve-se ao facto de ser a massa que está em contacto com o ambiente interior que interage com este e consequentemente condiciona a variação da sua temperatura. Ao fazer-se a aplicação de materiais isolantes pelo lado interior, estamos a anular a inércia térmica e consequentemente a capacidade em absorver o calor para depois o libertar, fenómeno explicado no capítulo da inércia térmica.

Um edifício com inércia térmica forte inserido num clima temperado com amplitudes térmicas grandes, provoca um melhor uso dos ganhos de calor do que um edifício com inércia térmica fraca. Armazenando desta forma o calor nas horas do dia em que é menos necessário, estação de aquecimento (Inverno), e quando é indesejável, estação de arrefecimento (Verão). Este calor é libertado depois nas horas do dia em que é mais necessário no conforto interior, estabilizando as temperaturas na estação de aquecimento (Inverno) e também quando é menos prejudicial, estação de arrefecimento (Verão).

Estas considerações foram validadas através dos cálculos elaborados neste trabalho, tanto na estação de aquecimento como na estação de arrefecimento permitindo assim comprovar na prática os conceitos teóricos da inércia térmica.

A variação das orientações solares impostas neste trabalho também revelou um aumento dos ganhos solares à medida que a área de envidraçados aumentou nos quadrantes Sudoeste e Sudeste para a moradia 1, Sul e Nascente para a moradia 2. Não nos devemos no entanto esquecer que o factor solar para a orientação Poente tem o mesmo valor de Nascente originando mais uma orientação com iguais ganhos solares. Os factores de orientação solar considerados pelo REH e descritos no quadro 2 confirmam os resultados obtidos.

Podemos concluir com este trabalho que os conceitos teóricos considerados no cálculo regulamentar do comportamento térmico de edifícios comprovam-se na prática. Sendo vantajoso a escolha de soluções construtivas que no seu todo originem uma massa superficial útil, I_t , superior a 400 kg/m^2 . Devemos igualmente procurar, quando possível, exposições solares a Sul ou nos quadrantes Sudoeste e Sudeste.

Estando este trabalho finalizado, no sentido de melhorar os temas e valores obtidos ficam algumas propostas para trabalhos futuros.

Simulação dinâmica com mais edifícios de diferentes tipologias e características das apresentadas neste trabalho.

Estudo mais pormenorizado das opções de cálculo da simulação dinâmica de modo a tentar aproximar os valores ao cálculo estático.

Estudo mais pormenorizado das obstruções solares de modo a melhorar a influência destes elementos no cálculo térmico.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **António Moret Rodrigues, António Canha da Piedade, Ana Marta Braga.** Térmica de Edifícios. s.l. : Edições Orion, 2009, p. 673.
2. *Despacho n.º 15793-K/2013.*
3. *Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto.*
4. *Despacho n.º 15793-I/2013.*

ANEXOS

Ficha técnica bloco térmico

BLOCO TÉRMICOproETICS®

FICHA TÉCNICA

artebel®
 SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EM BETÃO
DESCRIÇÃO DO PRODUTO:**Bloco em betão leve de agregados de argila expandida.**

O seu comportamento térmico regulamentar, constitui alternativa a soluções de parede dupla, dispensando o recurso a outros materiais subsidiários. Apresenta encaixe macho-fêmea, permitindo a realização de juntas verticais secas.

**CARACTERÍSTICAS: GEOMÉTRICAS, MECÂNICAS E FÍSICAS**

C	A	L	CÓDIGO	DIMENSÕES (mm)	PESO (°)	CONSUMO	PESO TOTAL	PESO TOTAL C/ REBOCO (°)	RESIST. A COMPRES (N/m²)	ISOLAM. SONS COND. AÉREA	COEF. TRANSM. TÉRMICA (U) (L2)	REACÇÃO AO FOGO	RESIST. AO FOGO
				C-A-L	kg/m³	U/m²	kg/m²	kg/m²	N/m²	Rw(Db)	Simplex W/m²K + Com ETICS 30W/m²K	Euroclasse	Classe
			BTE 15	500 - 200 - 150	8,4		84	150,0	≥ 2,2	41	1,20		
			BTE 20	500 - 200 - 200	14,0	10,0	140	206,5	≥ 2,5	47	1,15	0,48	
			BTE 25	500 - 200 - 250	14,5		145	211,5	≥ 2,5	48	1,07	0,44	A1
			BTE 30	500 - 200 - 300	16,0		160	226,5	≥ 3,0	49	1,01	0,43	

(°) Os pesos são médios e admitem uma variação de ±5%. (**) Considerando reboco de 2 cm no paramento exterior e 1,5 cm no paramento interior
 (L1) Lab. Artebel (L2) Lab. ItCons

 Produto com marcação
CE
 EN NP-7713
VANTAGENS:

- Isolamento Térmico
- Isolamento Acústico
- Elevada rentabilidade
- Simplicidade na aplicação
- Reduzido consumo de argamassa de assentamento
- Estabilidade dimensional
- Reduzida absorção por capilaridade
- Verticalidade e planimetria de superfícies

UTILIZAÇÕES:

Destinado à execução de paredes simples ou duplas, onde a exigência de isolamento térmico se impõe. As paredes exteriores simples, constituem o universo de utilização do Bloco TÉRMICOproETICS® artebel®.


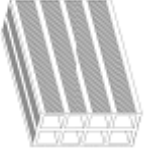
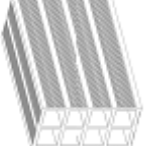
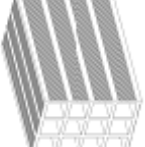
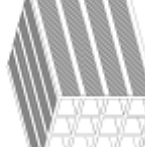
A informação constante do presente documento exprime o nosso conhecimento actual, podendo ser alterada sem prévio aviso.

Sede/Fábrica 1 - Meirinhas de Cima - Pombal 3105-219 - MEIRINHAS - PBL Tel. 236 949 180 - Fax 236 949 189 - E-mail: comercial@artebel.pt
 Fábrica 2 - Venda da Cruz - Pombal 3100-300 - PELARIGA - PBL Tel. 236 211 742 - Fax 236 219 692 - www.artebel.pt

Sociedade Anónima - Capital Social 750.000 - NIF 500 688 281

FT - BLOCO TÉRMICOproETICS® Última Actualização: 11-03-23 • Página 1 de 2

Ficha técnica tijolos cerâmicos

<div>CE</div> <div>PRECERAM – INDÚSTRIAS DE CONSTRUÇÃO, SA</div> <div>TRAVASSO 3101-901 POMBAL</div>					
<div>EN 771-1:2011</div> <div>Tijolos cerâmicos de enchimento de furação horizontal com estrias de reboco, categoria II, tipo LD, para paredes de alvenaria protegida não resistentes, sujeitas a exposição passiva, com requisitos acústicos e de resistência ao fogo</div>					
Designação:	30x20X7	30x20X9	30x20X11	30x20X15	30x20X22
Dimensões: Comprimento (mm) Largura (mm) Altura (mm)	290 70 189	290 88 189	290 106 189	290 146 189	290 220 189
Tolerâncias dimensionais: Categoria de tolerância	T1 (±0,4√d)	T1 (±0,4√d)	T1 (±0,4√d)	T1 (±0,4√d)	T1 (±0,4√d)
Configuração:					
Classificação segundo EN 1996-1-1	Grupo 3 (uso não estrutural)	Grupo 3 (uso não estrutural)	Grupo 3 (uso não estrutural)	Grupo 3 (uso não estrutural)	Grupo 3 (uso não estrutural)
Resistência à Compressão: Média Categoria Orient. esforço compressão Regularização da superfície Reentranças destinadas a preenchimento c/ argamassa	≥ 1,9 N/mm ² II ⊥ ao leito Rectificação	≥ 1,7 N/mm ² II ⊥ ao leito Rectificação	≥ 1,5 N/mm ² II ⊥ ao leito Rectificação	≥ 1,5 N/mm ² II ⊥ ao leito Rectificação	≥ 1,5 N/mm ² II ⊥ ao leito Rectificação
Teor em sais activos solúveis: Categoria de tolerância	Sim NPD S0	Sim NPD S0	Sim NPD S0	Sim NPD S0	Sim NPD S0
Reacção ao fogo:	Euroclasse A1	Euroclasse A1	Euroclasse A1	Euroclasse A1	Euroclasse A1
Absorção de água:	"Não destinado a ser exposto"	"Não destinado a ser exposto"	"Não destinado a ser exposto"	"Não destinado a ser exposto"	"Não destinado a ser exposto"
Isolamento sonoro directo: Massa volumica bruta Categoria de tolerância Configuração	818 kg/m ³ D1 Conforme desenho acima	746 kg/m ³ D1 Conforme desenho acima	670 kg/m ³ D1 Conforme desenho acima	650 kg/m ³ D1 Conforme desenho acima	633 kg/m ³ D1 Conforme desenho acima
Resistência térmica:	0,25 m ² K/W	0,27 m ² K/W	0,29 m ² K/W	0,42 m ² K/W	0,58 m ² K/W
Durabilidade contra o gelo/degelo: Categoria de tolerância	"Não destinado a ser exposto" F0	"Não destinado a ser exposto" F0	"Não destinado a ser exposto" F0	"Não destinado a ser exposto" F0	"Não destinado a ser exposto" F0

Ficha técnica pladur term

PLACAS, TRANSFORMADOS, SOLEIRAS E TECTOS

1.2.4. PLACA PLADUR® TERM-N (XPE)



Descrição Placa PLADUR® transformada através da incorporação no seu reverso de um painel de poliestireno expandido do tipo III.

Aplicação Em unidades de trasdosados directos interiores de paredes de fachadas em todos os tipos de obras.

Producto Espessura	Largura (m)	Junta	Comprimento standard (m)	Reacção ao fogo	Peso médio aprox. (Kg/m²)	Resistência térmica (m²K/W)	Isolante			Unidades Paquete	Normativa
							Espessura	Tipo	Densidade (Kg/m³)		
TERM-N (XPE) 10+20	1,2	JA	2,6	B s1 p0	8,08	0,55	20	Poliestireno expandido	15	38	UNE EN 13 950
TERM-N (XPE) 10+30	1,2	JA	2,5/2,6	B s1 p0	8,23	0,80	30	expandido tipo III	15	28	
TERM-N (XPE) 10+40	1,2	JA	2,5/2,6	B s1 p0	8,38	1,06	40		15	22	

1.2.5. PLACA PLADUR® TERM-N (XPS)



Descrição Placa PLADUR® transformada através da incorporação no seu reverso de uma placa de poliestireno extrudado. Com a utilização dos painéis PLADUR® TERM XPS obtém-se uma elevada capacidade de isolamento térmico, alcançando-se as mais exigentes prestações técnicas, com uma diminuição considerável da espessura total da unidade, conseguindo-se assim uma maior superfície útil no habitáculo no qual se localiza.

Aplicação Em unidades de trasdosados directos interiores de paredes de fachadas em todos os tipos de obras.

Producto Espessura	Largura (m)	Junta	Comprimento standard (m)	Reacção ao fogo	Peso médio aprox. (Kg/m²)	Resistência térmica (m²K/W)	Isolante			Unidades Paquete	Normativa
							Espessura	Tipo	Densidade (Kg/m³)		
TERM-N (XPS) 13+20	1,2	JA	2,6	B s1 p0	10,38	0,79	20	Poliestireno extruído	30	34	UNE EN 13 950
TERM-N (XPS) 13+30	1,2	JA	2,6	B s1 p0	10,68	1,61	30	extruído	30	26	

1.2.6. PLACA PLADUR® TRILLAJE



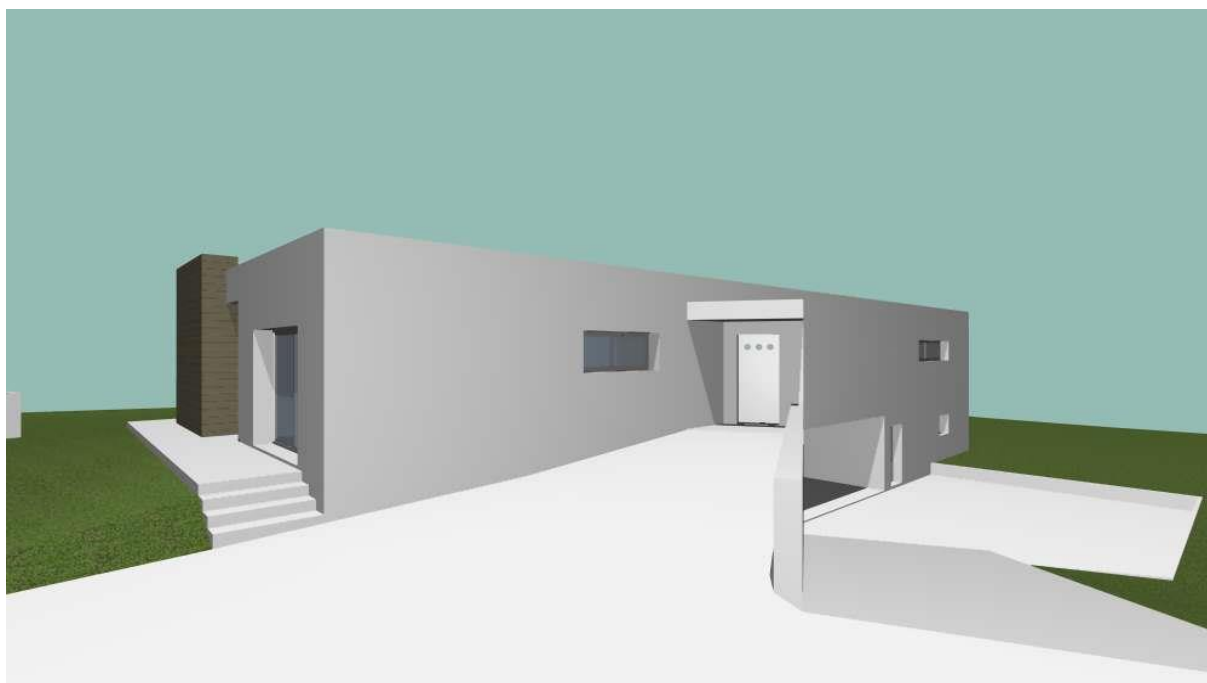
Descrição Painel formado por duas placas de PLADUR® tipo N de 10 mm de espessura unidas pelo seu "reverso" com uma placa de celulose especial em forma de favo de abelha que confere rigidez ao conjunto. A sua configuração especial confere aos painéis de PLADUR® Trillaje uma elevada resistência.

Aplicação Em particular em unidades de obra pré-cortadas e de decoração.

Producto Espessura	Largura (m)	Junta	Comprimento standard (m)	Reacção ao fogo	Peso médio aprox. (Kg/m²)	Unidades Paquete	Normativa
TRILLAJE 52	1,2	JA	2,5	M1	15,8	22	UNE EN 13 950
	0,4	Prateleira	2,5	M1	15,8	66	
	0,3	Prateleira	2,5	M1	15,8	88	
TRILLAJE FRETE 10	0,05	Frente	1,2	M1	7,5	1000	UNE EN 14 190

|||||||109

Moradia 1 – Perspectivas



Moradia 2 – Fotografias



Folhas de Cálculo

Devido à grande quantidade de folhas que constituem o cálculo térmico das moradias, optou-se por juntar ao trabalho apenas as folhas resumo. **Moradia 1 – Cálculo Inicial**

Síntese			
	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Heccs (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	7933	1134
	Qg,i (kWh/ano)	11971	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5041	-
	Qg,v (kWh/ano)	7648	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,96	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	11539	3104
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m ² .ano)	47,71	75
	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,87	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	7648	12083
G - Energia Global	Nvc (kWh/m ² .ano)	4,44	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	119,26	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	0,00	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	131,68	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecc (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	8614	1134
	Qg,i (kWh/ano)	12653	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	4347	-
	Qg,v (kWh/ano)	6954	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,96	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	12107	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	45,15	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,90	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	6954	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	3,16	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	112,88	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	0,00	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	125,30	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecs (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	6880	1134
	Qg,i (kWh/ano)	10919	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5146	-
	Qg,v (kWh/ano)	7753	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,97	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	10628	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	51,80	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,87	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	7753	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	4,65	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	129,50	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	0,00	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	141,92	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hece (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	6721	1134
	Qg,i (kWh/ano)	10759	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	4999	-
	Qg,v (kWh/ano)	7606	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,97	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	10487	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	52,43	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,87	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	7606	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	4,36	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	131,09	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	0,00	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	143,50	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecs (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	7933	1134
	Qg,i (kWh/ano)	11971	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5041	-
	Qg,v (kWh/ano)	7648	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,90	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	10725	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	51,36	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,78	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	7648	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	7,50	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	128,41	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	6,70	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	147,52	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecc (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	8614	1134
	Qg,i (kWh/ano)	12653	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	4347	-
	Qg,v (kWh/ano)	6954	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,88	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	11194	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	49,25	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,81	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	6954	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	5,90	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	123,14	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	5,27	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	140,83	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
Classe de Inércia Térmica do Edifício	Média		
	Cálculo		Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecs (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	6880	1134
	Qg,i (kWh/ano)	10919	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5146	-
	Qg,v (kWh/ano)	7753	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,91	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	9965	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	54,78	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,78	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	7753	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	7,76	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	136,95	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	6,93	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	156,29	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecc (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	6721	1134
	Qg,i (kWh/ano)	10759	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	4999	-
	Qg,v (kWh/ano)	7606	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,92	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	9845	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	55,31	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,78	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	7606	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	7,40	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	138,29	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	6,61	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	157,31	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecs (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	7933	1134
	Qg,i (kWh/ano)	11971	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5041	-
	Qg,v (kWh/ano)	7648	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,82	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	9760	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	55,70	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,70	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	7648	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	10,41	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	139,25	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	9,29	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	160,96	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecc (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	8614	1134
	Qg,i (kWh/ano)	12653	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	4347	-
	Qg,v (kWh/ano)	6954	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,80	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	10152	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	53,94	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,73	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	6954	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	8,58	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	134,84	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	7,66	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	154,92	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecs (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	6880	1134
	Qg,i (kWh/ano)	10919	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5146	-
	Qg,v (kWh/ano)	7753	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,84	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	9122	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	58,57	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,69	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	7753	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	10,69	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	146,42	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	9,55	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	168,38	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecs (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	6721	1134
	Qg,i (kWh/ano)	10759	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	4999	-
	Qg,v (kWh/ano)	7606	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,84	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	9022	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	59,02	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,70	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	7606	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	10,29	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	147,54	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	9,19	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	169,15	209,20

Moradia 1 – Cálculo sem Obstruções Solares

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecc (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	9714	1134
	Qg,i (kWh/ano)	13752	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5709	-
	Qg,v (kWh/ano)	8316	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,94	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	12984	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	41,21	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,84	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	8316	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	5,90	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	103,03	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	0,00	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	115,45	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecc (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	11512	1134
	Qg,i (kWh/ano)	15551	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5449	-
	Qg,v (kWh/ano)	8056	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,92	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	14305	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	35,28	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,85	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	8056	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	5,30	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	88,20	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	0,00	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	100,62	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecs (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	8724	1134
	Qg,i (kWh/ano)	12762	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5820	-
	Qg,v (kWh/ano)	8427	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,96	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	12197	3104
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m ² .ano)	44,75	75
	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,84	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	8427	12083
G - Energia Global	Nvc (kWh/m ² .ano)	6,16	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	111,88	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	0,00	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	124,30	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecc (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	6925	1134
	Qg,i (kWh/ano)	10964	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	6095	-
	Qg,v (kWh/ano)	8702	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,97	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	10668	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	51,62	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,83	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	8702	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	6,83	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	129,05	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	6,10	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	147,57	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
Classe de Inércia Térmica do Edifício	Média		
	Cálculo	Referência	
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecs (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	9714	1134
	Qg,i (kWh/ano)	13752	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5709	-
	Qg,v (kWh/ano)	8316	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,87	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	11913	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	46,03	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,75	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	8316	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	9,19	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	115,07	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	8,21	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	135,70	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecc (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	11512	1134
	Qg,i (kWh/ano)	15551	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5449	-
	Qg,v (kWh/ano)	8056	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,84	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	12987	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	41,20	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,76	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	8056	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	8,52	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	103,00	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	7,61	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	123,02	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
Classe de Inércia Térmica do Edifício	Média		
	Cálculo		Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecs (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	8724	1134
	Qg,i (kWh/ano)	12762	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5820	-
	Qg,v (kWh/ano)	8427	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,88	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	11268	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	48,92	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,75	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	8427	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	9,49	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	122,31	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	8,47	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	143,20	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecc (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	6925	1134
	Qg,i (kWh/ano)	10964	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	6095	-
	Qg,v (kWh/ano)	8702	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,91	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	9998	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	54,63	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,74	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	8702	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	10,24	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	136,57	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	9,14	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	158,13	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecs (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	9714	1134
	Qg,i (kWh/ano)	13752	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5709	-
	Qg,v (kWh/ano)	8316	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,78	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	10753	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	51,24	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,67	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	8316	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	12,28	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	128,10	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	10,96	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	151,48	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecc (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	9714	1134
	Qg,i (kWh/ano)	13752	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5709	-
	Qg,v (kWh/ano)	8316	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,78	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	10753	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	51,24	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,67	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	8316	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	12,28	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	128,10	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	10,96	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	151,48	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecs (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	8724	1134
	Qg,i (kWh/ano)	12762	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	5820	-
	Qg,v (kWh/ano)	8427	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,80	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	10214	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	53,66	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,67	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	8427	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	12,60	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	134,15	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	11,25	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	157,82	209,20

Síntese

	Ap (m ²)	222,59	
	Pd (m)	2,72	
	Aenv (m ²)	46,55	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	21%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	522,2	479,1
	Hint (W/°C)	105,2	78,8
	Hecc (W/°C)	7	3
	Htr (W/°C)	634,5	561,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	82,3	82,3
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	123,5	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	4039	4039
	Qsol,i (kWh/ano)	6925	1134
	Qg,i (kWh/ano)	10964	5173
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2607	-
	Qsol,v (kWh/ano)	6095	-
	Qg,v (kWh/ano)	8702	12083
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	19613	17347
	Qve,i (kWh/ano)	2545	2545
	ηi	0,83	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	9150	3104
	Nic (kWh/m ² .ano)	58,44	75
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	7617	-
	Qve,v (kWh/ano)	1483	-
	ηv	0,66	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	8702	12083
	Nvc (kWh/m ² .ano)	13,40	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	146,10	188,56
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	11,97	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	10,68	10,68
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	12,42	12,42
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	170,48	209,20

Moradia 2 – Cálculo Inicial

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Heccs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	16874	1479
	Qg,i (kWh/ano)	22139	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	8476	-
	Qg,v (kWh/ano)	11874	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,89	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	19744	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	29,31	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,80	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	11874	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	8,11	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	73,26	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	7,24	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	112,84	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	14511	1479
	Qg,i (kWh/ano)	19776	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	8914	-
	Qg,v (kWh/ano)	12313	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,92	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	18203	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	34,62	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,79	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	12313	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	9,05	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	86,54	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	8,08	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	126,96	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	15060	1479
	Qg,i (kWh/ano)	20325	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	9773	-
	Qg,v (kWh/ano)	13172	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,91	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	18579	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	33,32	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,76	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	13172	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	11,02	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	83,30	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	9,84	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	125,47	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecc (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	17575	1479
	Qg,i (kWh/ano)	22840	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	8933	-
	Qg,v (kWh/ano)	12332	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,88	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	20162	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	27,86	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,79	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	12332	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	9,09	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	69,66	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	8,12	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	110,12	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	16874	1479
	Qg,i (kWh/ano)	22139	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	8476	-
	Qg,v (kWh/ano)	11874	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,80	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	17789	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	36,04	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,72	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	11874	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	11,58	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	90,11	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	10,34	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	132,78	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	14511	1479
	Qg,i (kWh/ano)	19776	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	8914	-
	Qg,v (kWh/ano)	12313	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,84	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	16529	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	40,38	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,70	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	12313	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	12,57	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	100,96	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	11,22	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	144,52	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	15060	1479
	Qg,i (kWh/ano)	20325	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	9773	-
	Qg,v (kWh/ano)	13172	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,83	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	16836	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	39,33	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,68	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	13172	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	14,60	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	98,32	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	13,03	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	143,69	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecc (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	17575	1479
	Qg,i (kWh/ano)	22840	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	8933	-
	Qg,v (kWh/ano)	12332	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,79	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	18134	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	34,85	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,70	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	12332	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	12,61	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	87,14	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	11,26	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	130,74	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	16874	1479
	Qg,i (kWh/ano)	22139	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	8476	-
	Qg,v (kWh/ano)	11874	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,72	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	15895	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	42,57	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,64	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	11874	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	14,80	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	106,42	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	13,22	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	151,97	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	14511	1479
	Qg,i (kWh/ano)	19776	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	8914	-
	Qg,v (kWh/ano)	12313	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,75	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	14832	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	46,23	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,63	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	12313	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	15,85	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	115,58	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	14,15	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	162,06	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	15060	1479
	Qg,i (kWh/ano)	20325	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	9773	-
	Qg,v (kWh/ano)	13172	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,74	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	15090	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	45,34	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,60	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	13172	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	17,96	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	113,36	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	16,03	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	161,73	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecc (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	17575	1479
	Qg,i (kWh/ano)	22840	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	8933	-
	Qg,v (kWh/ano)	12332	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,71	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	16189	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	41,56	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,63	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	12332	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	15,89	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	103,89	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	14,19	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	150,42	215,75

Moradia 2 – Cálculo sem Obstruções Solares

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Heccs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	23436	1479
	Qg,i (kWh/ano)	28701	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	10341	-
	Qg,v (kWh/ano)	13739	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,80	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	22996	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	18,10	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,74	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	13739	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	12,40	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	45,25	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	11,07	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	88,65	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	19142	1479
	Qg,i (kWh/ano)	24407	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	10748	-
	Qg,v (kWh/ano)	14147	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,86	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	21033	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	24,86	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,72	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	14147	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	13,43	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	62,16	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	11,99	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	106,49	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	18022	1479
	Qg,i (kWh/ano)	23287	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	10796	-
	Qg,v (kWh/ano)	14194	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,88	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	20419	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	26,98	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,72	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	14194	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	13,55	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	67,44	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	12,10	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	111,88	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecc (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	20896	1479
	Qg,i (kWh/ano)	26161	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	10622	-
	Qg,v (kWh/ano)	14020	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,84	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	21906	4046
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m ² .ano)	21,85	70
	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,73	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	14020	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	13,10	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	54,63	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	11,70	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	98,67	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	23436	1479
	Qg,i (kWh/ano)	28701	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	10341	-
	Qg,v (kWh/ano)	13739	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,72	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	20563	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	26,48	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,66	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	13739	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	15,99	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	66,21	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	14,28	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	112,82	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecc (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	19142	1479
	Qg,i (kWh/ano)	24407	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	10748	-
	Qg,v (kWh/ano)	14147	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,77	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	18860	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	32,35	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,65	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	14147	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	17,02	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	80,88	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	15,19	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	128,41	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	18022	1479
	Qg,i (kWh/ano)	23287	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	10796	-
	Qg,v (kWh/ano)	14194	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,79	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	18347	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	34,12	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,65	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	14194	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	17,14	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	85,30	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	15,30	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	132,94	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Média	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecc (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	20896	1479
	Qg,i (kWh/ano)	26161	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	10622	-
	Qg,v (kWh/ano)	14020	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,75	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	19603	4046
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m ² .ano)	29,79	70
	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,65	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	14020	15752
G - Energia Global	Nvc (kWh/m ² .ano)	16,70	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	74,47	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	14,91	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	121,72	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	23436	1479
	Qg,i (kWh/ano)	28701	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	10341	-
	Qg,v (kWh/ano)	13739	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,64	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	18304	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	34,27	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,59	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	13739	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	19,39	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	85,67	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	17,31	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	135,32	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecc (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	19142	1479
	Qg,i (kWh/ano)	24407	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	10748	-
	Qg,v (kWh/ano)	14147	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,69	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	16811	4046
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m ² .ano)	39,41	70
	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,58	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	14147	15752
G - Energia Global	Nvc (kWh/m ² .ano)	20,44	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	98,53	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	18,25	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	149,12	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	589,5	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecs (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	821,2	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	18022	1479
	Qg,i (kWh/ano)	23287	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	10796	-
	Qg,v (kWh/ano)	14194	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25110	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,70	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	16371	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	40,93	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9859	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,58	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	14194	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	20,56	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	102,32	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	18,36	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	153,02	215,75

Síntese

	Ap (m ²)	290,18	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m ²)	101,50	
	Classe de Inércia Térmica do Edifício	Fraca	
		Cálculo	Referência
	Aenv/Ap	35%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	586,0	518,2
	Hint (W/°C)	231,8	176,6
	Hecc (W/°C)	0	0
	Htr (W/°C)	817,7	694,8
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,40	0,40
	Hve,i (W/°C)	102,6	102,6
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	153,9	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	5265	5265
	Qsol,i (kWh/ano)	20896	1479
	Qg,i (kWh/ano)	26161	6744
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	3399	-
	Qsol,v (kWh/ano)	10598	-
	Qg,v (kWh/ano)	13997	15752
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	25003	21244
	Qve,i (kWh/ano)	3137	3137
	ηi	0,67	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	17425	4046
	Nic (kWh/m ² .ano)	36,93	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	9817	-
	Qve,v (kWh/ano)	1848	-
	ηv	0,58	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	13997	15752
	Nvc (kWh/m ² .ano)	20,11	9
	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	92,32	175,19
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	17,95	8,22
	feh	1,00	1,00
G - Energia Global	Qa/Ap (kWh/m ² .ano)	12,29	12,29
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	32,34	32,34
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	142,61	215,75